# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 18 FÉVRIER 1907,

PRÉSIDENCE DE M. Henri BECQUEREL.

---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

### DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

En annonçant à l'Académie la perte qu'elle vient de faire dans la personne de M. *Marcel Bertrand*, Membre de la Section de Minéralogie, M. **Henri Becquerel** s'exprime en ces termes :

Mes chers Confrères, nous sommes encore sous la douloureuse émotion du deuil cruel qui, depuis notre dernière séance, a frappé l'Académie. Notre regretté Confrère M. Marcel Bertrand n'y comptait que des amis ou des parents.

Digne héritier d'un nom illustre particulièrement cher à notre Compagnie, non seulement il l'avait porté sans défaillance, mais il avait réussi à y ajouter un nouvel éclat. Il restera l'une des gloires les plus pures de la Géologie française.

De brillants travaux, où le raisonnement et l'esprit géométrique le plus affiné ont eu autant de part que l'observation, avaient fait de lui le chef incontesté des tectoniciens. Les idées géniales qu'il avait développées dès 1884, pour avoir été lentes à germer, n'en ont paru que plus brillantes lorsqu'on a vu depuis cinq ans les géologues alpins s'en inspirer avec tant de succès et se plaire à lui en rapporter le mérite initial.

La découverte de la généralité et de l'amplitude du phénomène des nappes de recouvrement dans les plissements des montagnes est de tout premier ordre. Elle a déjà permis de comprendre la structure de la chaîne des Alpes depuis les Alpes-Maritimes jusqu'aux Carpathes.

M. Marcel Bertrand n'a pas voulu que des discours fussent prononcés sur sa tombe. Nous ne saurions cependant reprendre le cours de nos travaux sans adresser un dernier adieu au Confrère éminent et aimé que nous

perdons et sans évoquer le spectacle touchant de ses dernières années, quand il venait chaque lundi parmi nous, comme pour oublier un mal implacable dans la sérénité de la Science.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Recherches sur la combinaison entre le carbone et l'azote élémentaires*. Note de M. **Berthelot**.

1. Au cours de mes études sur la Mécanique chimique, je me suis préoccupé à différentes reprises des conditions où s'opère la combinaison entre l'azote et le carbone élémentaires; cette question ayant été soulevée de nouveau dans ces derniers temps, j'ai cru utile d'exécuter de nouvelles expériences.

2. Le carbone pur, exempt d'hydrogène et ne contenant aucune trace de métaux alcalins ou alcalino-terreux, ne se combine point directement à l'azote, pour former l'azoture de carbone, c'est-à-dire le cyanogène, sous l'influence de la chaleur seule, à aucune température connue. La combinaison n'a pas lieu davantage, entre ces éléments purs et échauffés par le courant électrique, même dans l'arc voltaïque ([1]).

Ce n'est pas qu'on n'observe aisément l'apparition de l'odeur spécifique cyanique et celle de traces de composés cyaniques, dans les gaz renfermant de l'azote et traversés par cet arc : tout le monde a fait cette observation. Mais elle est attribuable, je le répète, aux impuretés des crayons de charbon entre lesquels jaillit l'arc : tels que les composés hydrogénés et la vapeur d'eau libre ou condensée, corps capables de fournir de l'acétylène, lequel se combine directement à l'azote libre, sous l'influence de l'électricité, pour former de l'acide cyanhydrique;

Tels divers composés métalliques, capables d'absorber l'azote, avec le concours du carbone, sous la seule influence de la chaleur, pour former des cyanures alcalins.

La purification absolue du charbon n'est pas chose aisée; surtout si l'on opère sur des fragments compacts, tels que les crayons, baguettes, ou tubes fabriqués avec du charbon de cornue. On l'exécute mieux avec le diamant et avec le graphite strictement purifié; mais il faut en outre opérer avec de l'azote absolument sec et en vase clos, de façon à prévenir toute intervention de l'hydrogène.

---

([1]) *Leçons sur les méthodes générales de synthèse*, 1864, p. 77.

3. Ces faits étant acquis, on peut poursuivre la démonstration par une méthode inverse : je veux dire en partant du cyanogène pur, et en le décomposant au moyen d'une série d'étincelles électriques, puis cherchant s'il subsiste à la fin quelques traces de cyanogène libre, résultant d'un certain équilibre, analogue à celui que j'ai observé entre l'hydrogène, le carbone et l'acétylène, et qui en limite la décomposition :

$$C^2 + H^2 = C^2H^2 \ (^1).$$

C'est ce que j'avais réalisé autrefois. Cependant j'ai cru indispensable de reprendre ces essais, avec une rigueur aussi grande que possible, spécialement en excluant la présence de toute trace d'humidité, dans le cyanogène mis en œuvre.

A cet effet, j'ai desséché, par un échauffement très prolongé, le cyanure de mercure destiné à préparer le cyanogène. La préparation du cyanogène a été exécutée ensuite dans une cornue desséchée à l'avance, le gaz recueilli dans des éprouvettes séchées à l'étuve, et sur du mercure également desséché.

On a opéré sur une portion du gaz pur, choisie dans un échantillon entièrement absorbable par un fragment de potasse humecté, ou plus exactement ne laissant qu'un résidu gazeux de quelques dix-millièmes.

On a opéré sur $77^{cm^3}$ de ce gaz, traversés par une série de fortes étincelles électriques, fournies par une bobine Ruhmkorff, munie d'un condensateur : j'ai employé mes appareils ordinaires (²).

Il s'est produit d'abord un abondant dépôt de carbone, avec mise en liberté d'azote libre. Au bout de quelques heures, le volume était réduit à $56^{cm^3}$ : il n'y subsistait qu'une quantité trés faible de gaz absorbable par les alcalis.

---

(¹) Rappelons ici mes expériences sur l'équilibre produit sous l'influence de l'étincelle électrique entre l'acétylène, l'azote et le gaz cyanhydrique,

$$C^2H^2 + Az^2 = 2\,CHAz$$

(*Essai de Mécanique chimique*, t. II, p. 355-357), et sur l'équilibre, celui-là calorifique, entre le cyanogène, l'hydrogène et le gaz cyanhydrique

$$C^2Az^2 + H^2 = 2\,CHAz,$$

lequel est une dissociation comparable à celle des hydracides.

Mais il en est autrement, en fait, du carbone pur mis en présence de l'azote.

(²) *Traité pratique de l'analyse des gaz*, p. 151.

Le volume total des gaz n'était pas demeuré constant, comme on aurait dû l'observer pour une simple décomposition en carbone et azote, parce que le carbone déposé était accompagné par des corps polymérisés : paracyanogène et autres produits analogues à ceux sur lesquels M. Gaudechon ([1]) a appelé récemment l'attention, par des travaux sur l'effluve exécutés dans mon Laboratoire ([2]).

Sans m'y arrêter autrement ([3]), j'ai fait passer dans une autre éprouvette les $56^{cm^3}$ restant après l'essai ci-dessus et j'ai poursuivi pendant plusieurs heures l'action de l'étincelle électrique, laquelle a déterminé un nouveau dépôt de carbone, très faible d'ailleurs.

Au bout de ce temps, il n'est resté que de l'azote pur, ne renfermant plus aucune trace de cyanogène, ne changeant pas de volume par l'action de la potasse et ne fournissant pas la moindre trace de cyanure par cette réaction. Ce gaz ne manifeste plus aucune odeur cyanique (même avant l'action de la potasse) : indice plus sensible encore de pureté que les mesures volumétriques les plus délicates.

4. Il résulte de cette expérience qu'il ne se produit absolument aucun équilibre stable entre l'azote et le carbone pur solide (ou vaporisé sur le trajet de l'étincelle).

On ne saurait donc faire intervenir ici les calculs et les équations ordinaires signalés par les théories de la Thermodynamique pour caractériser les équilibres, dans la combinaison directe de l'azote et du carbone : cette combinaison n'ayant pas lieu.

D'une façon plus générale, l'étude des équilibres véritables dans les systèmes gazeux, conformément aux théories ordinaires, paraît exiger que ces systèmes soient maintenus *dans leur totalité à une température uniforme,*

---

([1]) *Comptes rendus*, séance du 9 juillet 1906, p. 117.

([2]) Rappelons qu'en général les décompositions et dissociations purement pyrogénées, où subsistent des corps solides, sont accompagnées par la formation de composés secondaires, trop souvent négligés et d'autant plus importants que leur présence règle la vitesse des phénomènes et qu'ils servent de pivots à des équilibres complexes.

([3]) Les produits solides consistent nécessairement en carbone libre, mélangé de divers azotures de carbone, exempts d'oxygène et d'hydrogène. En traitant ce mélange *à froid* par une solution aqueuse de potasse étendue, j'ai observé un dégagement abondant d'ammoniaque et la production d'une liqueur brunâtre, ne renfermant pas de cyanure. En même temps, il subsiste des composés azoto-carbonés, insolubles à froid dans la potasse, mais qu'elle détruit à chaud avec un nouveau dégagement d'ammoniaque.

et que, parvenus à l'état d'équilibre, ils y *subsistent indéfiniment avec une composition fixe*.

Dès lors, ces théories et ces équations ne seraient pas applicables à des phénomènes instantanés, tels que ceux produits par les explosions, ou par l'étincelle électrique. Elles ne sont pas davantage applicables à des milieux où la distribution des températures est inégale dans leurs différentes régions, depuis 2000° ou 3000° (limites vers lesquelles les évaluations en sont fort incertaines), jusqu'à la température ordinaire.

J'ai déjà insisté à différentes reprises sur ces incorrections, dans les conséquences tirées de l'emploi du tube chaud et froid.

Ajoutons encore que ces théories et équations reposent sur cette hypothèse que les transformations chimiques étudiées sont attribuables uniquement aux énergies calorifiques, c'est-à-dire à l'acte d'un simple échauffement. Or l'intervention des énergies électriques ne rentre pas dans les mêmes calculs, attendu qu'elles agissent suivant des lois bien différentes.

Rappelons enfin que c'est dans ces conditions de systèmes maintenus à température constante et parvenus à un état stable et permanent qu'ont été réalisées mes expériences d'équilibre sur la formation des éthers. Ce sont des conditions analogues que l'on suppose exister dans les phénomènes normaux de dissociation purement calorifique.

En définitive, pour pouvoir soumettre au calcul la dynamique chimique, il importe de définir rigoureusement les données, les conditions expérimentales et la nature des forces qui interviennent.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur quelques réactions catalytiques effectuées sous l'influence du charbon de bois (Communication préliminaire)*. Note de M. **Georges Lemoine**.

Le travail *sur les pouvoirs réducteurs et catalytiques du carbone amorphe vis-à-vis des alcools*, présenté aujourd'hui par M. l'abbé Senderens, m'amène, pour prendre date, à indiquer des expériences analogues commencées depuis longtemps. Au lieu de noir animal, j'y emploie la braise de boulanger, calcinée au rouge; je l'ai choisie à cause de son grand pouvoir absorbant pour les gaz, si heureusement utilisé à de très basses températures par M. d'Arsonval et d'autres savants.

Pour l'*alcool éthylique*, la braise ($25^g$), en morceaux de $1^{mm}$ à $2^{mm}$, est placée dans un tube en verre muni d'un thermomètre Baudin allant

jusqu'à 450° et chauffé par l'électricité. L'alcool éthylique anhydre arrive par un tube capillaire suivant le dispositif adopté par MM. Sabatier et Senderens. Le tube à charbon est suivi d'un appareil réfrigérant (mélange de glace et de sel) à la suite duquel on recueille les gaz dégagés.

La température étant d'environ 350°, on obtient un gaz inflammable qui ne contient pas sensiblement d'oxyde de carbone et où il y a une assez forte proportion d'hydrogène (environ $\frac{1}{5}$ absorbé par l'oxyde d'argent). Le liquide condensé renferme naturellement de l'alcool échappé à la réaction, mais il réduit fortement l'azotate d'argent ammoniacal, et il colore une solution de fuchsine décolorée par l'acide sulfureux. Il semble donc, en attendant une analyse plus complète, que, de même que le cuivre dans les expériences maintenant classiques de MM. Sabatier et Senderens, la braise réduit la vapeur d'alcool en donnant de l'aldéhyde éthylique et de l'hydrogène :

$$CH^3 - CH^2OH = CH^3 - COH + H^2,$$

tandis que, avec le noir animal purifié, la réaction est différente.

L'*eau oxygénée* se décompose également très facilement par l'action catalytique de la braise à de basses températures.

Ainsi à 16°, $20^{cm^3}$ d'eau oxygénée (à $28^{vol}$) avec $1^g$ de braise chargée de divers gaz (H, CO, $CO^2$, O, Az) donnent en une demi-heure plus de $100^{cm^3}$ d'oxygène, tandis que, s'il n'y a pas de braise, on a au bout de *trois jours* à peine $3^{cm^3}$.

La réaction de *l'acide iodique et de l'acide oxalique*, qui produit lentement de l'acide carbonique et de l'iode, est de même extrêmement accélérée par la présence de la braise, beaucoup moins par le charbon de sucre : avec le noir de platine, le dégagement de gaz est extraordinairement rapide.

Je me réserve de présenter sur ces diverses réactions tout un ensemble de déterminations numériques.

M. LAVERAN fait hommage à l'Académie d'un exemplaire de son *Traité du Paludisme* (2e édition).

## NOMINATIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination d'une Commission qui sera chargée de préparer une liste de candidats à la place d'Académicien libre, vacante par suite du décès de M. *Brouardel*.

Cette Commission, qui se réunira sous la présidence du Président de l'Académie, doit comprendre deux Membres pris dans les Sections de Mathématiques, deux Membres pris dans les Sections de Physique et deux Membres pris parmi les Académiciens libres.

MM. **Darboux, H. Poincaré, Berthelot, Lannelongue, Cailletet** et **Alfred Picard** réunissent la majorité des suffrages.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à la nomination de Commissions de prix chargées de juger les concours de l'année 1907.

Le dépouillement du scrutin donne les résultats suivants :

Chimie : *Prix Jecker, Cahours, Montyon (Arts insalubres)*. — MM. Troost, Gautier, Moissan, Ditte, Lemoine, Haller, Berthelot, Schlœsing, Carnot.

Minéralogie et Géologie : *Grand prix des Sciences physiques, prix Delesse*. — MM. Gaudry, Michel Lévy, de Lapparent, Lacroix, Barrois, Moissan, Perrier, Zeiller.

Botanique : *Prix Desmazières, Montagne, de Coincy, Thore, de la Fons-Mélicocq*. — MM. Van Tieghem, Bornet, Guignard, Bonnier, Prillieux, Zeiller, Perrier, Chatin, Giard.

Zoologie : *Prix Savigny*. — MM. Ranvier, Perrier, Chatin, Giard, Delage, Bouvier, Grandidier, Lannelongue, le prince Roland Bonaparte.

Médecine et Chirurgie : *Prix Montyon, Barbier, Bréant, Godard, du Baron Larrey, Bellion, Mège, Chaussier*. — MM. Bouchard, Guyon, d'Arsonval, Lannelongue, Laveran, Dastre, Chauveau, Perrier, Roux, Giard, Labbé.

## CORRESPONDANCE.

L'**Académie Royale dei Lincei**, par l'organe de son Président, M. *Blaserna*, adresse à l'Académie l'expression de sa profonde sympathie à l'occasion de la mort de M. *Marcel Bertrand*.

M. le **Ministre de l'Instruction publique, des Beaux-Arts et des Cultes** transmet à l'Académie des renseignements relatifs à un Rapport du

Consul général de la République française à Anvers sur un projet nouveau d'expédition antarctique belge.

Les indications que contient cette lettre seront transmises à la Commission récemment nommée par l'Académie sur la demande de M. Jean Charcot.

Le **Comité** qui s'est formé sous le haut patronage de Sa Majesté le Roi Victor-Emmanuel III, pour célébrer la mémoire d'Aldrovandi, invite l'Académie à prendre part à la célébration du troisième centenaire de la mort de l'illustre naturaliste.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance, les Ouvrages suivants :

1° *Invasion des Acridiens*, vulgo *Sauterelles, en Algérie*, par J. Kunckel d'Herculais. Tome I. (Présenté par M. Edmond Perrier.)

2° *Genera Insectorum*, dirigés par P. Wytsman. 53e fascicule. (Présenté par M. E.-L. Bouvier.)

ASTRONOMIE. — *Au sujet du spectrohéliographe*. Note de M. **G. Millochau**, présentée par M. J. Janssen.

Dans une Note publiée aux *Comptes rendus* du 4 février dernier (t. CXLIV, p. 229), MM. Deslandres et d'Azambuja ont écrit (p. 234) : « On ajoute aussi, dans un coin de chaque épreuve, deux spectres solaires, au haut et au bas de la fente, ce qui permet de juger le parallélisme avec la raie et l'écart variable des deux lignes. »

Je rappellerai que M. Štefánik et moi, dans notre Note des *Comptes rendus* du 2 avril 1906 et dans *Astrophysical Journal*, vol. XXIV, n° 1, nous avons décrit un dispositif particulier de la deuxième fente du spectrohéliographe, dispositif destiné à faciliter les réglages de cet instrument. Nous avons écrit : « Cette fente est élargie sur une petite longueur à chacune de ses deux extrémités, dans le but d'obtenir, avant et après la photographie solaire, une portion du spectre de la lumière diffuse du ciel, et de permettre ainsi de déterminer facilement la radiation exacte dans laquelle a été obtenue la photographie monochromatique. »

J'ai pensé utile de donner un peu plus de détails sur la façon dont nous voulons réaliser et utiliser ce dispositif spécial.

La deuxième fente du spectrohéliographe se termine à ses deux extrémités par deux ouvertures ou fenêtres, assez grandes pour qu'une portion du spectre solaire puisse y être observée ou photographiée, ces fenêtres étant naturellement obtenues en enlevant le métal des joues de la fente à ses extrémités.

Deux volets mobiles, formant obturateurs, peuvent être manœuvrés par l'observateur et couvrir ou découvrir ces ouvertures [1].

Ce dispositif peut servir :

1° Au réglage facile du parallélisme de la deuxième fente et des raies spectrales;

2° Au réglage en position de la deuxième fente par rapport au spectre solaire;

3° A constater si aucun dérangement ne s'est produit, dans le spectrohéliographe, au cours d'une pose;

4° A mesurer la radiation exacte qui a servi pour l'exécution de la photographie monochromatique.

Une spectrohéliographie solaire, encadrée de deux épreuves de spectres faites avec ce dispositif, avant et après la pose, comporterait ainsi tous les éléments pouvant servir à étudier cette photographie et à en apprécier la valeur.

Je rappellerai que l'un de nous (Štefánik, *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 1569) a montré que, si l'on place un écran liquide au violet d'aniline devant la fente d'un spectroscope, on peut facilement observer le spectre solaire ultra-violet jusqu'à environ $\lambda$ 3870.

On peut donc, en employant cet artifice, utiliser le dispositif que nous avons décrit en avril 1906 pour régler oculairement et photographiquement un spectrohéliographe, non seulement dans la région lumineuse ordinaire du spectre, mais encore dans les parties du spectre solaire que l'on peut observer oculairement par l'emploi des écrans colorés, c'est-à-dire de $\lambda\ 0^{\mu},9$ à $\lambda\ 0^{\mu},387$.

## ASTRONOMIE. — *La théorie des gaz et les amas globulaires.* Note de M. H. v. Zeipel, présentée par M. Poincaré.

En m'inspirant d'une idée de lord Kelvin, j'ai essayé d'appliquer la théorie cinétique des gaz à l'étude de la distribution des étoiles dans les amas globulaires.

---

[1] Cette seconde fente est en construction chez M. Gauthier, pour le spectrohéliographe du type Millochau et Štefánik commandé par la Société provisoire du mont Blanc.

Dans l'état d'équilibre d'un gaz abandonné dans le vide sous l'influence de forces dérivant d'une fonction de forces $-\chi$, la densité $\rho$ est donnée par la formule

$$(1)\qquad \rho = \rho_0 e^{-\frac{3\chi}{\overline{c^2}}},$$

où $\rho_0$ et $\overline{c^2}$ sont des constantes, dont la dernière représente le carré moyen de la vitesse de $1^{\mathrm{mol}}$. Si les molécules s'attirent d'après la loi de Newton et s'il n'y a pas d'autres forces, on a pour l'état d'équilibre sphérique

$$(2)\qquad \chi = f\int_0^r \frac{1}{u^2}\int_0^u 4\pi v^2 \rho(v)\,dv\,du = 4\pi f\int_0^r \rho(v)\,v\left(1-\frac{v}{r}\right)dv,$$

et la densité $\rho$ s'obtient alors par une équation intégrale. En définissant la fonction $\psi(x)$ au moyen de l'équation

$$(3)\qquad \log\psi(x) + \int_0^x \psi(u)\,u\left(1-\frac{u}{x}\right)du,$$

on a

$$(4)\qquad \rho = \rho_0\psi(\nu r), \qquad \text{où} \qquad \nu = \sqrt{\frac{12\pi f\rho_0}{\overline{c^2}}}.$$

Si les molécules d'un gaz de densité $\varphi = \psi(x)$ et remplissant une sphère de rayon X sont projetées perpendiculairement contre un plan, on obtient un disque circulaire dont la densité superficielle à la distance $x'$ du centre est donnée par la fonction

$$(5)\qquad \varphi(x', \mathrm{X}) = 2\int_0^{\sqrt{\mathrm{X}^2 - x'^2}} \psi(\sqrt{l^2 + x'^2})\,dl.$$

En employant les méthodes ordinaires d'interpolation, j'ai calculé $\psi(x)$ pour les valeurs $x = 1, 2, 3, \ldots, 64, 65$; puis les fonctions (5) ont été évaluées par des quadratures mécaniques pour les valeurs $\mathrm{X} = 5, 6, \ldots, 24, 25$ et $x' = 0, 1, 2, \ldots, \mathrm{X}$.

C'est seulement pour les amas ω Centaure et Messier 3 que la distribution des étoiles a été encore assez complètement déterminée par observation. Soit $\mathrm{F}(r')$ le nombre d'étoiles par unité de surface à la distance angulaire $r'$ du centre d'un amas. Pour ω Centaure, je me suis servi des valeurs de $\mathrm{F}(r')$, qui ont été données par M. S. Bailey (*Astronomy and Astrophysics,* t. XII, p. 689). Pour Messier 3, j'ai moi-même déterminé la fonction $\mathrm{F}(r')$ (*Annales de l'Observatoire de Paris,* t. XXV). En partant de la

fonction connue $F(r')$, j'ai calculé par la formule

$$(6) \qquad F(r', R) = F(r') - \frac{2}{\pi}\int_0^{\frac{\pi}{2}} F\left(\text{séc}\,\eta\sqrt{R^2 - r'^2\sin^2\eta}\right) d\eta$$

une autre fonction $F(r', R)$, qui donnerait le nombre d'étoiles par unité de surface à la distance angulaire $r'$ du centre, si les étoiles à l'extérieur de la sphère de rayon R n'existaient pas.

Si les étoiles à l'intérieur de la sphère de rayon R sont distribuées comme l'exige la théorie des gaz, il est possible de déterminer les quantités $\mu$ et $\nu$ de telle manière que

$$(7) \qquad F(r', R) = \mu\varphi(\nu r', \nu R).$$

Alors le nombre d'étoiles par unité de volume à la distance $r$ du centre est donné par la formule

$$(8) \qquad n = \mu\nu\psi(\nu r) = n_0\psi(\nu r).$$

Après plusieurs essais, j'ai trouvé que c'est seulement dans les parties centrales des amas considérés que les étoiles sont ordonnées d'après la loi (8). Vers les bords ces amas sont moins denses que ne l'exige la formule (8). Pour ω Centaure on peut admettre $R = 9'$ et pour Messier 3 : $R = 3'$. Avec ces valeurs de R j'ai calculé les valeurs des fonctions $F(r', R)$ données dans les Tableaux ci-dessous. Puis, en choisissant pour $n_0$ et $\nu$ les valeurs en tête des Tableaux, j'ai calculé le second membre de l'équation (7) en me servant de l'expression (5). Les résultats se trouvent dans la troisième ligne des Tableaux suivants :

*ω Centaure :* $\log n_0 = 0,7003$, $\qquad \nu = \frac{11}{18}$.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $r'$........ | 1′,05 | 2′,37 | 3′,18 | 3′,83 | 4′,37 | 5′,30 | 5′,72 | 6′,45 | 6′,80 | 7′,12 | 7′,43 | 7′,73 | 8′,28 | 8′,55 |
| $F(r', 9)$... | 39,4 | 32,8 | 29,2 | 24,3 | 21,6 | 14,7 | 13,7 | 9,9 | 9,1 | 9,6 | 7,0 | 5,5 | 4,3 | 2,0 |
| $\mu\varphi$....... | 40,5 | 33,1 | 28,1 | 23,6 | 20,5 | 15,6 | 13,6 | 10,6 | 9,3 | 8,2 | 7,0 | 6,0 | 4,0 | 3,0 |

*Messier* 3 : $\log n_0 = 2,5142$, $\qquad \nu = 6$.

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| $r'$.......... | 0′,50 | 0′,75 | 1′,25 | 1′,75 | 2′,25 | 2′,75 |
| $F(r', 3)$..... | 157,6 | 91,7 | 41,0 | 21,5 | 12,6 | 4,4 |
| $\mu\varphi$.......... | 154,6 | 93,0 | 40,6 | 21,3 | 11,6 | 5,1 |

En exprimant les vitesses en km:sec et en employant comme unité de

masse la somme des masses du Soleil et de la Terre, la formule (4) donne

$$mp = 0'',001\,796\frac{\nu^2}{n_0}\overline{c^2} = 0'',005\,389\frac{\nu^2}{n_0}\overline{\varphi^2},$$

où $m$ est la masse (supposée commune) de toutes les étoiles comptées, $p$ la parallaxe de l'amas et $\overline{\varphi^2}$ le carré moyen des projections des vitesses relatives sur la ligne de visée. J'ai trouvé ainsi pour ω Centaure

$$mp = 0'',000\,40\overline{\varphi^2}$$

et pour Messier 3

$$mp = 0'',000\,59\overline{\varphi^2}.$$

En mesurant au moyen du spectroscope les quantités $\overline{\varphi^2}$, il serait donc possible de déterminer $mp$.

ASTRONOMIE. — *Appareil simple reproduisant toutes les particularités de l'expérience de Foucault sur la rotation de la Terre.* Note de M. G. **Blum**, présentée par M. Deslandres.

*But de l'appareil.* — Pour expliquer l'expérience de Foucault, on se sert ordinairement d'un petit pendule accessoire au moyen duquel on vérifie l'indépendance du plan d'oscillation et du support de l'instrument.

Cette démonstration préalable, qui conviendrait parfaitement pour expliquer le mouvement d'un pendule placé au pôle, est malheureusement insuffisante lorsque le pendule occupe un autre point de la Terre. Elle ne rend pas compte en effet de la loi du sinus, qui met en désaccord apparent la vitesse de rotation de la Terre et la vitesse de rotation du pendule, et en vertu de laquelle le plan d'oscillation possède une vitesse propre à chaque latitude.

C'est précisément dans le but de montrer comment se comporte un pendule placé à une latitude quelconque que l'appareil suivant a été conçu. Il se compose, dans ses parties essentielles, d'une petite sphère et d'un petit pendule qu'on peut faire osciller sur cette sphère à des latitudes très diverses.

*Description détaillée.* — La sphère a $22^{cm}$ de diamètre. Elle peut tourner, dans l'un ou l'autre sens, autour d'un axe vertical et porte, le long d'un de ses demi-méridiens, une fente de $6^{cm}$ de largeur dans laquelle peut se

déplacer un équipage mobile supportant le pendule. Cet équipage mobile comprend :

1° Une planchette rectangulaire soutenant la potence du pendule et pouvant s'appliquer sur la fente du globe à toute latitude, boréale ou australe, à l'aide d'une vis de serrage.

2° Un pendule, constitué par une mince tige de bois de 6$^{cm}$ de longueur, et dont la masse pesante est une petite boule de 6$^{mm}$ de diamètre, également en bois. Ce pendule, soutenu à sa partie supérieure par un fil, est maintenu, à son extrémité inférieure, par un ressort à boudin, dans une direction normale à la sphère. Lorsqu'il est écarté de sa position de repos, il oscille dans une ouverture circulaire pratiquée dans la planchette.

3° L'appareil d'accrochage du pendule. Il se compose d'un crochet en acier pouvant tourner autour de l'ouverture de la planchette, et qui, en grippant sur le poids du pendule, peut maintenir ce dernier écarté de la normale dans un azimut quelconque.

4° L'appareil de déclenchement. Il est destiné à mettre le pendule en marche alors que, écarté et maintenu par le crochet, il est prêt à osciller sous l'action du ressort.

Si le globe est immobile, il suffit de soulever légèrement le crochet pour opérer le déclenchement.

Si le globe tourne, le déclenchement se produit par le jeu d'un taquet qui vient buter contre un grand cercle fixe, solidaire du pied de l'instrument.

Expériences et résultats. — *a. Globe immobile.* — Si le globe est immobile et qu'alors on déclenche le pendule à la main, on constate que la direction du plan d'oscillation reste invariable, quels que soient la latitude du pendule et l'azimut dans lequel on l'a lancé. C'est ce qu'on observerait sur un astre sans rotation.

*b. Globe en rotation.* — Le pendule étant accroché et le globe mis en marche, on constate, après une rotation d'un quart de tour, les phénomènes suivants :

1° Si le pendule est au pôle boréal et qu'on le lance dans un azimut quelconque, son plan d'oscillation demeure fixe dans l'espace. Il tourne donc, par rapport au globe, en sens inverse du globe et avec la *même vitesse*.

2° Si le pendule est à toute autre latitude boréale, son plan tourne par rapport au globe avec une vitesse *moindre* que celle du globe. L'angle de rotation du plan est à l'angle de rotation du globe dans un rapport égal au sinus de la latitude. On peut estimer à l'œil l'angle de rotation du plan et vérifier la loi d'une manière approchée.

3° Si le pendule est à l'équateur, la vitesse du plan d'oscillation devient nulle et le pendule ne tourne plus par rapport au globe, quelle que soit la vitesse du globe.

4° Enfin, aux latitudes australes, le plan d'oscillation tourne de nouveau, mais le sens des déviations est *inverse* du sens des déviations boréales. Quant aux valeurs de ces déviations, elles sont les mêmes que pour les déviations boréales correspondantes.

Un autre dispositif, plus simple encore que le précédent, mais donnant de moins bons résultats, permet de vérifier facilement le changement du sens de la déviation lorsqu'on passe d'un hémisphère à l'autre. On emploie une potence qui porte un pendule analogue au précédent, mais de plus grandes dimensions, et que l'observateur tient à la main en tournant sur ses talons. La potence décrit ainsi dans l'espace un cône dont l'axe est vertical et le plan d'oscillation du pendule se déplace comme dans l'appareil décrit ci-dessus, les déviations ayant un sens différent selon que la potence et le pendule sont dirigés vers le sol ou vers le ciel.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions quasi-entières et quasi-méromorphes* (¹). Note de M. **Edmond Maillet**, présentée par M. Jordan.

Soit $F(z)$ une fonction monodrome qui a $z = \infty$ comme point singulier essentiel isolé et ne possède, dans le domaine de ce point, d'autres points critiques à distance finie que des pôles. On a

$$(1) \qquad F(z) = e^{\psi\left(\frac{1}{z}\right)} Q(z),$$

où $\psi\left(\frac{1}{z}\right)$ reste finie ainsi que ses dérivées dans le domaine, et où $Q(z)$ est une fonction méromorphe.

I. Je suppose que $Q(z)$ et $F(z)$ soient, dans ce domaine, d'ordre $\leqq (k, \rho)$ non transfini, avec $k$ ou $\rho > 0$, et soit

$$g(z) = \frac{F'(z)}{F(z)} :$$

*Si l'on décrit dans le plan des z autour de chaque zéro et de chaque pôle* $\alpha_n$ *comme centre un cercle* $\Gamma_n$ *de rayon* $\eta = e_{k_1}(r_n^{\tau})^{-1}$ [$(k, \tau)$ *quelconque* $> (k, \rho)$, *et* $|\alpha_n| = r_n$], *en tout point extérieur à ces cercles, dès que* $r = |z|$ *est assez grand, on a*

$$(2) \qquad |g^{(q)}(z)| < e_{k_1}(r^{\tau_1}),$$

(¹) Quelques-uns de ces résultats précisent ou étendent à certains égards des propriétés établies par M. P. Boutroux.

*où* $g^{(0)}(z) = g(z)$, $g^{(q)}(z)$ *est la dérivée* $q^{\text{ième}}$ *de* $g(z)$, $\tau_1$ *est arbitraire avec* $(k_1, \tau_1) > (k_1, \tau)$, *et, si* $k_1 = k = 0$, $\tau_1 > (q+2)\tau$.

II. De même, les méthodes de M. P. Boutroux permettent d'obtenir simplement une limite inférieure du maximum $m_{r,q}$ du module de $g^{(q)}(z)$ sur une infinité de circonférences C ayant pour centre l'origine et remplissant des couronnes d'épaisseur totale infinie, dans le domaine de $z = \infty$ :

1° Quand $F(z)$ n'a pas de pôles à distance finie dans le domaine (fonction quasi-entière dans ce domaine); si l'ordre réel, supposé non transfini, de $F(z)$ est $\geqq (k, \rho)$, on a (2) $m_{r,q} > e_k(r^\sigma)$ ($\sigma$ fixe arbitraire $< \rho$ quand $k > 0$, $\sigma$ fixe arbitraire $< \rho - q - 1$ quand $k = 0$). Soit $\varphi(z)$ le produit canonique ayant pour zéros les zéros de $F(z)$.

2° Dans le cas général de (1) (fonction quasi-méromorphe), soient $\varphi_1(z)$, $\varphi_2(z)$ les produits canoniques d'ordres non transfinis et supposés différents $(k_1, \rho_1)$, $(k_2, \rho_2)$, formés des zéros et des pôles de $Q(z)$; si $(k, \rho)$ est arbitraire et compris entre $(k_1, \rho_1)$ et $(k_2, \rho_2)$, on a encore (2) $m_{r,q} > e_k(r^\sigma)$. Soit $\varphi(z)$ celui des deux produits $\varphi_1$, $\varphi_2$ dont l'ordre est le plus grand.

Dans les deux cas, lorsque $\varphi(z)$ a sa croissance régulière, (2) a lieu pour toute valeur de $r$ assez grande.

III. La propriété I permet d'améliorer les limites supérieures de croissance que j'ai indiquées (*Annales de l'École Normale*, 1906, p. 331) pour les modules des solutions du système

$$\frac{dx_i}{dz} = a_{i1}x_1 + \ldots + a_{in}x_n \qquad (i = 1, 2, \ldots, n),$$

où les $a_{ij}$ sont des fonctions quasi-méromorphes d'ordre $\leqq (k, \rho)$ dans le domaine de $z = \infty$ et satisfaisant à (1).

IV. Ces résultats, et d'autres analogues, paraissent devoir s'étendre aux fonctions entières les plus générales d'ordre transfini. Je puis l'affirmer pour les produits canoniques P de facteurs primaires; en dehors de cercles de rayons assez petits décrits autour de chaque zéro comme centre, on a une limite inférieure *simple* du module de P, comme pour le cas où P est d'ordre non transfini (*A. E. N.*, 1906, p. 287). Néanmoins, c'est là un sujet que je laisse à d'autres le soin de développer [1].

---

[1] Incidemment, je mentionnerai :

1° Que la fonction $f(z)f(ze^{i\psi})$, avec $f(z) = e^{iz^\rho} - e^{-iz^\rho}$ ($\rho$ entier), a son module

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur la croissance des intégrales des équations différentielles du premier ordre.* Note de M. **Pierre Boutroux**, présentée par M. Poincaré.

Considérons l'équation différentielle

$$(1) \qquad y' = \frac{P(x, y)}{Q(x, y)} = \frac{b_0 + \ldots + b_p y^p}{a_0 + \ldots + a_q y^q},$$

où P et Q sont des polynomes par rapport à $x$ et $y$. En général, les intégrales de l'équation (1) présenteront à l'infini une singularité transcendante. Comment faire l'étude de cette singularité? Il conviendra, semble-t-il : 1° d'étudier, au voisinage de $x = \infty$, l'allure d'une branche d'intégrale; 2° dans le cas où une infinité de branches s'échangent entre elles au voisinage de l'infini, de rechercher par quel mécanisme se fait cet échange.

Pour traiter en détail ces deux questions, et tout d'abord la première, il y aura lieu de distinguer un grand nombre de cas et de sous-cas. On peut néanmoins énoncer sur la croissance des branches d'intégrales de l'équation (1) quelques théorèmes généraux qui fourniront une première indication sur l'allure prise par ces branches lorsque $x$ s'éloigne indéfiniment.

Soient $p$ et $q$ les degrés par rapport à $y$ des polynomes P et Q. Appelons, d'autre part, $\mu$ la différence des degrés en $x$ des coefficients $b_p$ et $a_q$.

Nous ferons successivement les hypothèses suivantes :

---

$\geqq e^{\mu r^\rho}$ ($\mu$, $\psi$ constantes, $r = |z|$) quel que soit $z$, pour une infinité de valeurs de $\psi$, dès que $r$ est assez grand;

2° Que le produit canonique

$$\Phi(z) = \Pi\left(1 - \frac{z}{a_n}\right) e^{\frac{z}{a_n} + \frac{z^2}{2a_n^2} + \ldots + \frac{z^p}{p a_n^p}}$$

d'ordre fini $\rho > 1$ non entier ($\rho - p < 1$) a son module $\leqq 1$ dans un secteur fini S du plan des $z$, quand toutes les racines $a_n$ sont comprises dans un certain secteur fini S'. Ainsi, lorsque $p = 1$, et que l'angle de S' est $90° - 2\varepsilon$ ($\varepsilon$ fixe $> 0$), l'angle de S est $\geqq 2\varepsilon$.

Ceci peut présenter quelque intérêt au point de vue de l'étude des séries divergentes sommables (*A. E. N.*, 1903, p. 506).

I. Soit $p - q = 1$. L'équation (1) est alors de la forme

$$y'(a_1 + a_2 y + \ldots + a_p y^{p-1}) = b_0 + \ldots + b_p y^p, \tag{2}$$

les $a$ et $b$ étant des polynomes en $x$.

J'ai montré ailleurs [1] que, lorsque $\mu$ est *positif* ou *nul* [2], l'équation (2) présente des branches d'intégrales de type exponentiel. Voici ce que j'entends par là.

Posons $u = e^{\int_0^x \frac{b_p}{a_p} dx}$ et plaçons-nous à l'extérieur d'un cercle de rayon $r$ contenant les zéros des polynomes $a_p$, $b_p$. Dans $(\mu + 1)$ angles ayant pour sommet l'origine et pour amplitude $\frac{(1 - \alpha)\pi}{\mu + 1}$ ($\alpha$ étant un nombre arbitrairement petit) le module de $u$ augmente indéfiniment avec $|x|$, tandis que dans $(\mu + 1)$ angles alternant avec les précédents, ce module tend vers zéro. Appelons A l'un des angles où $|u|$ est croissant : dans cet angle $u$ est, à partir d'une certaine valeur de $|x|$, supérieur à $e^{k|x|^{\mu+1}}$ $(k > 0)$.

Cela posé, nous prenons dans A un point fixe $x_0$ dont le module est supérieur à certains nombres finis que l'on sait déterminer, et nous considérons une branche d'intégrale $y$ dont la valeur initiale en $x_0$ ait un module supérieur à $e^{-\frac{k}{2}|x_0|^{\mu+1}}$. Il se trouve que cette branche d'intégrale est, au point de vue de la croissance, comparable à l'exponentielle $u$ : on peut trouver des nombres positifs $\lambda$ et $\lambda_1$ tels que l'on ait dans l'angle A, pour $|x| > |x_0|$,

$$e^{\lambda|x|^{\mu+1}} < |y| < e^{\lambda_1|x|^{\mu+1}}.$$

II. Soit $p - q \neq 1$. Nous distinguerons deux cas, suivant que $p - q < 1$ ou $p - q > 1$.

*Premier cas.* — Soit $p - q < 1$, c'est-à-dire $q \geqq p$. Dans cette hypothèse, les intégrales $y$ ne présentent aucun infini à distance finie. En effet, si l'on pose $y = z^{-1}$, $z$ satisfait à une équation différentielle dont aucune intégrale (excepté l'intégrale particulière $z = 0$) ne s'annule à distance finie. On peut démontrer, dans ces conditions, qu'une branche d'intégrale quelconque de (1) croît moins vite qu'une puissance finie de $x$.

Pour donner un sens précis à cet énoncé, il faut définir la nature du chemin sur lequel $x$ s'éloigne indéfiniment. J'appellerai *chemin direct* tout chemin dont la longueur est finie ou qui est transformé par le changement

---

(1) *Sur quelques propriétés des fonctions entières* (*Acta mathematica*, t. XXVIII).

(2) Si $\mu$ était négatif, il n'y aurait pas lieu d'étudier, pour $|x|$ très grand, la croissance des branches d'intégrales de (2) : car, en général, ces branches ne croîtraient pas indéfiniment avec $|x|$ (du moins lorsque $\mu < -1$ ; il faudrait traiter à part le cas particulier où $\mu = -1$).

de variable $x = \xi^{-1}$ en un chemin de longueur finie. En d'autres termes, si $\bar{x}$, $\bar{x}'$ sont deux points d'un chemin direct, le rapport $\frac{\text{longueur arc } \bar{x}\bar{x}'}{|\bar{x} - \bar{x}'|}$ est inférieur à un nombre fini $k$ quels que soient les points $\bar{x}$ et $\bar{x}'$.

Cela posé, appelons $\sigma$ un entier supérieur aux degrés de tous les polynomes $a$ et $b$. On peut démontrer que, *lorsque $x$ s'éloigne indéfiniment sur un chemin direct, toute branche d'intégrale de* (1) *satisfait, à partir d'un certain point de ce chemin, à l'inégalité* $|y| < |x|^{\sigma+2}$.

*Deuxième cas.* — Soit $p - q > 1$, c'est-à-dire $p - q \geqq 2$. Dans cette hypothèse, les intégrales $y$ ont, en général, des infinis à distance finie. On ne peut donc plus, lorsque $x$ s'éloigne indéfiniment sur un chemin quelconque, assigner une limite au module de $y$. Néanmoins, en s'inspirant de la théorie des fonctions méromorphes, on obtiendra quelques renseignements sur la croissance de $y$.

Lemme I. — *Appelons $x_i$ un infini de l'intégrale $y$, $\sigma$ un entier supérieur aux degrés des $a$ et $b$. Je dis que, si $|x_i|$ est supérieur à un certain nombre $r$, on peut entourer $x_i$ d'un cercle $c_i$ jouissant des propriétés suivantes : 1° à l'intérieur et sur le contour de $c_i$, la branche d'intégrale infinie en $x_i$ a un module supérieur à $|x|^{\sigma+1+\alpha}$, $\alpha$ étant un nombre positif arbitrairement petit ; 2° sur le contour de $c_i$, le même module est inférieur à $|x|^{\sigma+1+\beta}$, $\beta$ étant un nombre positif compris entre $\alpha$ et 1; 3° la branche d'intégrale qui est infinie en $x_i$ ne présente dans $c_i$ d'autre infini ou point critique que $x_i$.*

On peut donner au rayon de $c_i$ la valeur

$$\rho = |x_i|^{-(\sigma+1+\alpha')(p-q-1)-\mu},$$

$\mu$ étant la différence des degrés de $b_p$ et $a_q$, et $\alpha'$ étant un nombre positif tel que $\alpha < \alpha'$, $\alpha + \alpha' < 1$. Le rayon $\rho$ tend vers zéro avec $|x_i|^{-1}$, puisque l'on a $|\mu| < \sigma$, $p - q - 1 \geqq 1$.

Lemme II. — *Soit une branche d'intégrale qui en un point $x'_i$ a un module supérieur à $|x'_i|^{\sigma+1+\beta}$. Le point $x'_i$ est intérieur à un cercle $c_i$ relatif à un infini $x_i$ de la branche considérée.*

Considérons alors une branche quelconque $y$ et supposons que $x$ s'éloigne indéfiniment sur un chemin direct qui ne pénètre pas dans les cercles $c_i$ relatifs à cette branche. Sur ce chemin $|y|$ *est, à partir d'une certaine valeur de* $|x|$, *inférieur à* $|x|^{\sigma+2}$.

Est-il toujours possible de suivre un chemin direct qui ne pénètre pas dans les cercles $c_i$? Pour s'en rendre compte, il est avantageux de consi-

dérer l'intégrale $y$ sur une surface de Riemann où elle est uniforme. Si $p-q=2$ les points $x_i$ sont des points ordinaires de $y$; on peut alors disposer des lignes de croisement de la surface de manière qu'elles ne pénètrent pas dans les cercles $c_i$. Si $p-q \geqq 3$, $(p-q-1)$ déterminations se permutent autour de $x_i$; la surface a, par suite, $p-q-1$ feuillets reliés entre eux par des lignes de croisement issues de $x_i$, et nous pouvons disposer de ces lignes de manière qu'au voisinage de $x_i$ elles coïncident avec un même rayon du cercle $c_i$. Dans l'un ou l'autre cas, on peut démontrer que *sur la surface de Riemann les cercles $c_i$ relatifs à une même intégrale sont tous extérieurs les uns aux autres* (du moins pour $|x_i| > r$).

CINÉMATIQUE. — *Construction du rayon de courbure des courbes enveloppes dans le mouvement le plus général d'un corps solide*. Note de M. G. Kœnigs.

1. Je me propose de compléter ici et de préciser certains points de ma Note du 28 janvier et notamment de donner les constructions effectives des divers éléments géométriques qui interviennent dans la question. J'appelle $d$ l'axe du mouvement hélicoïdal tangent à l'instant proposé, $h$ le pas de ce mouvement et je pose $h_1 = \frac{dh}{d\sigma}$ où $d\sigma$ est l'angle (mesuré avec certaines précisions pour le signe) que fait l'axe $d$ avec l'axe analogue relatif à l'instant consécutif. Je considère les deux axoïdes $\Phi$ et $\Phi'$ lieux de l'axe $d$ dans le corps mobile S et dans le corps ou espace fixe S'. Ces axoïdes se raccordent à l'instant proposé suivant l'axe $d$ qu'ils ont alors en commun. Ils ont le même point central O et le même plan central $\Omega$, ainsi que le même paramètre de distribution $k$ pour les plans tangents. Dans le plan normal en O à l'axe $d$ je considère un axe $d_1$ normal au plan central et à la distance $h_1$ (signe convenablement pris) du point O. A côté du complexe linéaire $\mathfrak{L}$, lieu des normales aux courbes trajectoires à l'instant proposé, j'introduis le complexe linéaire $\mathfrak{L}_1$, qui admet $d_1$ pour axe central et la quantité $h-k$ pour pas (ou paramètre).

2. Cela étant, les normales stationnaires forment la congruence linéaire commune aux complexes $\mathfrak{L}$ et $\mathfrak{L}_1$, en sorte que, pour construire la droite $PP_1$, il suffit de prendre l'intersection des deux plans polaires du point P dans ces deux complexes.

Maintenant si l'on appelle $t_P$ la tangente commune en P aux deux courbes C, C' qui se touchent en ce point, on sait que la droite $t_P$ porte la

vitesse d'entraînement de P dans le mouvement de S par rapport à S'. La conjuguée de la droite $t_P$ dans le complexe linéaire $\mathfrak{L}$ est une droite $d_P$ tracée dans le plan $\Pi_P$, normal en P aux courbes C et C' (ou à $t_P$); cette droite $d_P$, facile à construire, donne le point $P_1$ (associé de P) par son intersection avec la normale stationnaire déjà construite.

Il résulte de cette construction ce fait remarquable que la correspondance entre P et $P_1$ est réciproque et que P est l'associé de $P_1$ comme $P_1$ est l'associé de P. Cette correspondance est *cubique, birationnelle* et, comme on vient de le dire, *réciproque*.

3. Une fois construits, comme il vient d'être dit, les éléments du faisceau des axes, pour définir l'homographie qui relie les axes $\delta$, $\delta'$ des courbes C, C' qui s'enveloppent, il faudra connaître le vecteur constant que les axes $\delta$, $\delta'$ interceptent sur une parallèle à $d_P$, par exemple, sur la parallèle $d'_P$ à $d_P$ menée par le point P. Soit $PD'_P$ ce vecteur, dans la position particulière où son origine est en P. Il suffira de connaître sur $d'_P$ le point $D'_P$.

Or, pour avoir $D'_P$, il suffit de couper $d'_P$ par un plan auxiliaire $\Psi'$, défini par les conditions : 1° d'être parallèle au plan polaire (déjà utilisé) du point P par rapport au complexe $L_1$; 2° de couper la perpendiculaire abaissée de P sur le plan central en un point $P_2$ tel que $PP_2$ ait (avec une précision convenable pour le signe) une mesure algébrique égale à

$$\omega = \frac{d\theta}{d\sigma}\,\frac{\rho^2 + h^2}{h - k}.$$

Dans cette formule, $d\sigma$ est l'angle déjà défini, $d\theta$ est l'angle de la rotation infiniment petite autour de l'axe $d$ et enfin $\rho$ est la distance du point P à l'axe $d$.

On remarquera que $P_1 D'_P$ est l'axe de courbure de la trajectoire du point P dans le mouvement direct (S, S'), tandis que si $D''_P$ est le symétrique de $D'_P$ par rapport au point P, la droite $P_1 D''_P$ est l'axe de courbure de la trajectoire de P dans le mouvement inverse (S', S).

4. Les résultats se simplifient beaucoup lorsque la viration consiste en un roulement sans glissement, les deux axoïdes étant alors applicables l'un sur l'autre. L'axe $d$ est alors l'axe de la rotation tangente et le plan normal $\Pi_P$ est le plan mené par l'axe $d$ et le point P : la droite $d_P$ coïncide avec $d$, et le point $P_1$ n'est autre que le point où le plan $\Pi_P$ est tangent aux deux axoïdes. L'homographie entre les axes $\delta$, $\delta'$ conserve son caractère, mais le vecteur constant qu'ils interceptent sur $d'_P$, qui est alors la parallèle à $d$ menée par P, est d'une construction particulièrement facile.

Appelons en effet T le point où la droite $t_P$ (normale en P au plan $\Pi_P$) perce le plan central et désignons par $\rho_1$ (avec une certaine précision pour le signe) la distance du point T à l'axe *d*, le vecteur constant dont il s'agit est *proportionnel* à $\rho_1$ et égal à

$$\frac{d\theta}{d\sigma}\rho_1,$$

où $d\sigma$, $d\theta$ ont les significations déjà dites.

5. Lorsque les deux axoïdes sont des développables, toujours dans l'hypothèse d'un glissement nul, l'axe *d* touche les deux arêtes des deux développables au même point O et dans ce cas l'associé $P_1$ du point P coïncide constamment avec le point O. Les courbes C douées d'enveloppe ont alors une définition simple qui permet de les déterminer *a priori;* elles ont en effet la propriété spéciale que leurs plans normaux sont tous tangents à l'arête de la développable Φ, tandis que d'un autre côté leurs enveloppes C′ ont tous leurs plans normaux tangents à l'arête de la développable Φ′.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur la variation des tensions de vapeur en fonction de la température et la détermination des constantes ébullioscopiques.* Note de MM. **Georges Baume** et **D.-E. Tsakalotos**, présentée par M. G. Lemoine.

I. On sait que la chaleur latente de vaporisation L d'un liquide, en négligeant le volume du liquide devant celui de la vapeur, est déterminée par l'équation

$$\text{(I)} \qquad L = \frac{RT^2}{JMp}\frac{dp}{dT},$$

J étant l'équivalent mécanique de la chaleur, *p* la pression de la vapeur, de poids moléculaire M, à la température absolue T, R la constante des gaz parfaits ($Mpv = RT$).

On peut déduire cette même quantité L de la relation de Van't Hoff et Le Chatelier, appliquée par Arrhénius et Beckmann [1] au calcul de l'élévation moléculaire E des points d'ébullition des dissolvants ébullioscо-

(1) *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. IV, 1889, p. 550.

piques

$$\text{(II)} \qquad L = \frac{0{,}02\,T^2}{E}.$$

En égalant ces deux valeurs de L, on a $\left(\frac{R}{J}\text{ étant sensiblement égal à } 2\right)$

$$\text{(III)} \qquad \frac{dp}{dT} = \frac{0{,}01\,Mp}{E} \quad [1].$$

II. Cette relation permet d'étudier *les variations de la tension de vapeur avec la température* $\frac{dp}{dT}$, au voisinage du point d'ébullition sous la pression $p$, si l'on connaît la valeur de E (qui varie avec la pression d'ébullition $p$ et, par conséquent, avec T).

Nous avons calculé l'élévation $\Delta T$ de la température correspondant à une variation de pression $\Delta p$ égale à $1^{mm}$ (pression initiale $760^{mm}$) en utilisant les valeurs expérimentales de E déterminées par Beckmann. Ces calculs ont porté sur les liquides suivants : eau, alcool, éther, acide acétique, acétone, chloroforme, bromure d'éthylène, benzène, aniline, phénol, sulfure de carbone, anhydride sulfureux.

| | $H^2O$. | $C^2H^6O$. | $C^4H^{10}O$. | $C^2H^4O^2$. | $C^3H^6O$. | $CHCl^3$. | $C^2H^4Br^2$. | $C^6H^6$. | $C^6H^5N$. | $C^6H^6O$. | $CS^2$. | $SO^2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E ................... | 5,2 | 11,5 | 21,1 | 29,9 | 16,7 | 36,6 | 64,3 | 26,7 | 3,22 | 30,4 | 23,7 | 15 |
| 1000 $\Delta T$ calculé ..... | 38 | 33 | 38 | 66* | 38 | 40 | 45 | 45 | 46 | 43 | 41 | 30 |
| 1000 $\Delta T$ expérimental. | 37,5 | 33 | 40 | 40* | 38 | 41 | 47,5 | 43,5 | 51,5 | 46 | 40,5 | 29 |

La concordance est satisfaisante entre les résultats de ce calcul et ceux des diverses expériences [2], sauf pour l'acide acétique pour lequel l'écart est considérable (0,066 au lieu de 0,040 environ). Or la densité de vapeur de ce corps montre qu'au-dessous de 200° sa molécule est polymérisée [3]; à 118°,7 (température d'ébullition sous $760^{mm}$), le poids moléculaire M de la vapeur d'acide acétique est d'environ $60 \times 1{,}61$. En introduisant cette valeur de M ainsi corrigée dans notre formule, on trouve pour $\Delta T$ la valeur 0,040, très voisine des nombres expérimentaux.

---

(1) *Cf.* Le Chatelier, *Annales des Mines*, 8e série, t. XIII, 1888, p. 340, et Beckmann, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. IV, p. 551 et t. LVII, p. 130.

(2) Nous avons pris la moyenne des mesures de Regnault, Raoult et Recoura, Crafts, Ramsay et Young, Beckmann, Louguinine, Kahlbaum.

(3) A. Cahours, *Comptes rendus*, t. LVI, p. 900. — Raoult et Recoura, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. V, p. 423. — A. Leduc, *Nouvelles recherches sur les gaz*, p. 25.

La connaissance de la constante ébullioscopique d'un corps permet donc d'étudier sa polymérisation, et par conséquent les densités de vapeurs anomales (1).

III. Inversement la formule (III) permet de calculer l'*élévation moléculaire* E *du point d'ébullition des liquides* dont on connaît le poids moléculaire et la variation de tension de vapeur avec la température.

Or le terme $\frac{dp}{dT}$ a déjà été étudié pour un certain nombre de corps; il peut d'ailleurs être facilement déterminé en mesurant avec un thermomètre de Beckmann la différence entre les températures d'ébullition du liquide étudié, à deux instants où la pression atmosphérique a des écarts de quelques millimètres (mesure en général plus pratique que celle d'une chaleur latente).

Nous avons, à l'aide de la relation (III), calculé E pour les liquides énumérés plus haut (en prenant $p = 760^{mm}$). Nous comparons ces valeurs aux valeurs expérimentales de E, et à celles que l'on déduit de la formule de Van't Hoff (2). Les résultats sont également satisfaisants avec les deux formules.

| | $H_2O$. | $C_2H_6O$. | $C_4H_{10}O$. | $C_2H_4O_2$. | $C_3H_6O$. | $CHCl_3$. | $C_2H_4Br_2$. | $C_6H_6$. | $C_6H_5N$. | $C_6H_6O$. | $CS_2$. | $SO_2$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E (formule III)...... | 5,1 | 11,5 | 22,5 | 29,9 | 16,7 | 37,2 | 67,8 | 25,9 | 36,4 | 32,8 | 23,9 | 14,1 |
| E (expérimental).... | 5,2 | 11,5 | 21,1 | 29,9 | 16,7 | 36,6 | 64,3 | 26,7 | 32,2 | 30,4 | 23,7 | 15 |
| E (Van't Hoff)...... | 5,2 | 12,2 | 21,5 | 30,7 | 17,3 | 38,2 | 74,9 | 26,9 | 44,8 | » | 24,3 | 14,9 |

IV. La même équation montre que l'*élévation moléculaire* E *du point d'ébullition n'est pas constante;* elle croît proportionnellement à la pression, $\frac{dp}{dT}$ restant sensiblement constant pour de petites variations de $p$. La relation de Van't Hoff conduit d'ailleurs à un résultat analogue, ainsi que Beckmann l'a montré pour divers liquides (3). Voici les valeurs de E que Beckmann a calculées pour l'eau à l'aide de la formule de Van't Hoff, et celles que l'on déduit de notre équation (III) : les variations de E sont du même ordre de grandeur :

(1) La relation de Van't Hoff est indépendante de ces quantités (BECKMANN, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. LVII, p. 130). — Cf. VAN'T HOFF, *Chimie physique*, t. II, p. 43.

(2) Cf. BECKMANN, FUCHS et GERNHARDT, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. XVIII, p. 510.

(3) BECKMANN, *Zeitschrift für physikalische Chemie*, t. IV, p. 552 et t. VI, p. 463.

| Températures centigrades. | Pressions. | $\frac{dp}{dT}$. | $E = \frac{0,02\,T^2}{L}$. | $E = 0,01\,M\,p\,\frac{dT}{dp}$. |
|---|---|---|---|---|
| 70° | 233mm | 10,3 | 4,2 | 4,07 |
| 100 | 760 | 27 | 5,2 | 5,07 |
| 130 | 2030 | 62 | 6,3 | 5,9 |

V. Enfin, notre équation (III) montre que *deux corps ayant même valeur du rapport* $\frac{E}{M}$ *ont même variation de tension de vapeur*, ce qui est conforme aux hypothèses cinétiques.

CHIMIE MINÉRALE. — *Sur quelques combinaisons moléculaires des halogénures métalliques avec les composés organiques.* Note de M. V. **Thomas**, transmise par M. Moissan.

M. Bodroux, dans une Note publiée en 1902 [1], a signalé la facilité avec laquelle l'iode est susceptible d'attaquer certains métaux, en particulier le zinc, le magnésium et l'aluminium, en présence de liquides tels que l'eau, l'alcool et l'éther anhydre.

Au cours de recherches que nous poursuivons sur l'iodure de méthylène, nous avons été amenés à rechercher quel pouvait être le mécanisme de cette catalyse.

Des données mêmes de M. Bodroux on peut déduire, d'une façon certaine, que l'addition de dissolvant n'a pas pour but d'amener un contact plus intime entre l'iode et le métal; car tous les liquides capables de dissoudre l'iode ne sont pas susceptibles de provoquer la réaction : la benzine, le sulfure de carbone, le chloroforme, le tétrachlorure de carbone sont complètement inertes vis-à-vis du mélange iode + métal [2].

Par contre, un grand nombre de composés organiques à fonctions diverses sont susceptibles de provoquer la combinaison.

Les cétones grasses réagissent à la façon de l'éther et de l'alcool anhydre : la réaction a été observée avec l'acétone ordinaire, la méthyléthylcétone, la diéthylcétone, la butyrone, l'éthylamylcétone. Les acétones aromatiques paraissent sans action ou ne réagissent que très difficilement. L'acéto-

---

[1] Bodroux, *Bull. Soc. chim.*, 3e série, t. XXVII, 1902, p. 349.

[2] Nos expériences ont porté sur les mélanges d'iode avec le magnésium et l'aluminium.

phénone ne catalyse pas non plus la formation des iodures. Par contre, les dicétones réagissent à la façon des cétones ordinaires; la réaction est très vive avec l'acétylacétone, très vive aussi avec l'acétonylacétone. L'éther acétylacétique est sans action.

Les aldéhydes ne paraissent pas d'une façon générale réagir sur les mélanges iode et métal. Cependant l'inflammation du mélange iode et aluminium se produit avec la benzaldéhyde; la paraldéhyde, les aldéhydes anisique et cinnamique ne réagissent pas catalytiquement.

Les nitriles gras réagissent avec facilité; la réaction est très vive avec l'acétonitrile, le propionitrile et le butyronitrile. Les nitriles aromatiques paraissent au contraire inertes.

Les réactions avec le magnésium sont parfois assez violentes pour que la chaleur dégagée puisse porter au rouge le mélange et déterminer aux dépens de la matière organique la formation probable de carbure de magnésium, car le mélange repris par l'eau dégage de l'acétylène. Avec l'aluminium, le mélange, par suite de réaction secondaire (combustion de l'iodure formé à l'air), devient rapidement incandescent avec formation d'alumine. La quantité de chaleur dégagée est si considérable que le mélange peut servir comme poudre d'amorçage pour provoquer la combustion de l'aluminium à l'air, à température ordinaire, et à plus forte raison pour amorcer les réactions d'aluminothermie.

Dans toutes ces réactions, le rôle du catalyseur nous paraît d'ordre chimique et la combinaison provoquée, grâce à la formation d'un composé d'addition de l'iodure et du solvant. Il est à peine besoin d'indiquer ici l'existence d'hydrates et d'éthérates d'iodure de magnésium. L'existence d'une combinaison d'iodure et d'alcool est très vraisemblable [1]. Quant aux acétones et aux nitriles, nous avons reconnu qu'ils se combinaient facilement avec les iodures.

Quoique nos recherches sur ce sujet ne soient pas terminées, nous tenons, à la suite de la publication du dernier numéro de la *Zeit. für anorganische Chemie* [2], à résumer rapidement les résultats auxquels nous sommes dès maintenant arrivés.

---

(1) Simon a, en effet, signalé l'existence d'une combinaison alcoolique de chlorure de magnésium (*Journ. für prakt. Chem.*, 2e série, t. XX, p. 373).

(2) Dans le numéro du 5 février, la Rédaction annonce la prochaine publication d'un Mémoire de M. Mentschutkine sur les combinaisons d'addition du bromure et de l'iodure de magnésium avec les aldéhydes, les acétones et les acétals.

Essais avec le magnésium. — A du magnésium en poudre placé dans un ballon avec un excès de différentes cétones ou de différents nitriles, on ajoute, peu à peu, la quantité d'iode sensiblement théorique pour la formation d'iodure de magnésium. La réaction d'abord très vive se calme assez rapidement; on la termine au bain-marie. On obtient ainsi des dissolutions colorées d'où peuvent se déposer différents produits.

*Acétone.* — Par refroidissement, il se sépare à la surface une croûte cristalline qui, débarrassée de l'excès de liquide retenu mécaniquement, est jaune. Au-dessous de cette croûte se forme une bouillie jaunâtre, paraissant analogue à la matière de la croûte précédente. La liqueur acétonique mère laisse ensuite déposer après un temps variable une matière gélatineuse.

La croûte cristalline soumise à l'analyse donne un chiffre de magnésie correspondant exactement à la formule $CH^3.CO.CH^3, MgI^2$ (1). Cette combinaison est stable à l'air, mais perd de l'iode très facilement lorsqu'on la chauffe. Traitée par l'eau, elle précipite de la magnésie, et, d'après nos premiers essais, la moitié du magnésium passe seule en dissolution (2).

*Cétones diverses.* — Dans les mêmes conditions, les autres cétones employées fournissent des solutions visqueuses. Toutefois, avec la méthyléthylcétone, la liqueur visqueuse laisse déposer après un certain temps de petits cristaux disséminés dans une matière d'aspect gélatineux.

*Nitriles.* — L'acétonitrile donne une masse cristalline incolore ou très peu colorée, perdant facilement de l'iode par l'action de la chaleur. Par calcination la combinaison laisse un résidu de magnésie (3). L'eau la dédouble sans précipitation de magnésie.

Le butyronitrile donne une liqueur sirupeuse ne présentant aucune tendance à la cristallisation.

Essais avec l'aluminium. — L'emploi de ce métal conduit à des résultats semblables. La combinaison avec l'acétone forme une masse jaune brun décomposable par l'eau.

L'acétonitrile donne plusieurs produits, dont l'un, jaunâtre, est bien cristallisé.

Nous poursuivons l'étude de ces combinaisons et de leurs produits de dédoublement.

CHIMIE MINÉRALE. — *Note concernant la recherche de l'or par la voie humide dans les sables aurifères.* Note de M. **Albert Fournier**, présentée par M. Ditte.

Ayant eu l'occasion d'étudier des sables où l'or était mis en évidence aussi bien par l'emploi des liqueurs denses que par des fusions plombeuses, je fus également conduit à le rechercher par les moyens de la voie humide.

---

(1) Mg trouvé : 7,07, 7,17.

(2) Mg dissous trouvé : 3,62.

(3) Mg trouvé : 5,19, 5,32. La combinaison $4(CH^3.CAz), MgI^2$ exigerait 5,37.

Le sable dont il s'agit était relativement très ferrugineux et il y avait intérêt à éviter, dans une même liqueur, la présence de l'or dissous avec de grandes quantités relatives d'autres métaux, le fer en particulier.

En effet, quand on a de très faibles quantités d'or en solution avec du fer au maximum en proportions beaucoup plus grandes, il est extrêmement difficile de déceler l'or, non seulement par les méthodes de réduction appliquées directement, mais encore en s'efforçant par exemple de séparer le fer.

L'or et ses formes minéralogiques étant généralement insolubles dans HCl; d'autre part, le fer des sables examinés étant en grande partie sous la forme d'oxydes solubles dans HCl, il paraissait logique de traiter d'abord le sable par ce dernier acide dans le but de se débarrasser de la majeure partie du fer. Ce procédé présentait en outre l'avantage de décomposer et de dissoudre un certain nombre d'autres corps.

Un traitement consécutif à l'eau régale devait extraire l'or et permettre de le caractériser ultérieurement.

Or cette méthode d'exécution méthodiquement appliquée ne fournit aucun résultat positif. L'application directe de l'eau régale se trouve dans le même cas et ce à raisons des motifs exposés précédemment.

L'analyse complète et minutieuse des minerais en cause donne la clef de l'inefficacité de l'intervention de HCl puis de l'eau régale.

Si l'on examine, en effet, le Tableau d'analyse de ces minerais, on peut légitimement prétexter la présence du manganèse [1] pour lui faire grief d'être la cause indirecte de la dissolution de l'or par HCl en raison de la formation de traces suffisantes de chlore sous la *forme naissante*.

En additionnant de l'or d'une très petite quantité de $MnO^2$ et traitant ce mélange par HCl, on peut se convaincre, en effet, de la facilité avec laquelle l'or se dissout.

Les observations précédentes m'ont conduit à adopter le procédé suivant pour rechercher l'or dans les minerais auro-manganésifères.

Non seulement je profite de la présence de Mn, très probablement à l'état de peroxyde, mais j'ajoute encore de 5 à 10 pour 100 de $MnO^2$ reconnu exempt d'or. Après mélange intime, je traite par HCl pur à froid pendant 24 heures, puis au bain-marie jusqu'à ce que la liqueur, de rouge et noirâtre qu'elle était, s'éclaircisse complètement.

Après décantation et lavage à l'eau acidulée, je réduis au bain-marie jusqu'à consis-

---

(1) Sous la forme de peroxyde.

tance pâteuse *à chaud*. La masse reste encore très acide bien qu'elle ait perdu la majeure partie de son HCl. Au lieu de la reprendre par l'eau, je la précipite encore chaude dans une quantité suffisante d'alcool à 95°.

Après agitation rigoureuse, repos de 48 heures et filtration par décantation, on obtient une liqueur alcoolique tenant en solution tous les chlorures solubles dans l'alcool.

On porte alors au bain-marie et l'on fait passer un courant de $H^2S$ pur pendant un temps variable et d'autant plus long si l'on se propose de doser des métaux ayant des sulfures insolubles dans les conditions actuelles. Il faut environ 5 ou 6 heures de courant ininterrompu pour 200$^g$ de sable primitif et 12 heures pour 1$^{kg}$, davantage encore s'il s'agit de masses considérables (10$^{kg}$ par exemple) permettant de déceler de fort petites quantités de métaux.

L'alcool présente sur l'eau les avantages immédiats suivants :

1° Il diminue la concentration des liquides à traiter en éliminant certains corps inutiles ou nuisibles, y compris la silice soluble dans l'eau.

2° Il permet une précipitation beaucoup plus rapide des sulfures insolubles surtout si l'on opère au bain-marie. Ces sulfures s'agglomèrent bien, tombent au fond du vase facilement et laissent une liqueur limpide qu'il est facile de séparer.

3° La présence du fer au maximum donne lieu en liqueur aqueuse à un abondant dépôt de soufre. Ce dépôt est considérablement réduit en liqueur alcoolique.

4° En liqueur aqueuse on a toutes les peines du monde à séparer des traces de fer, restant obstinément mélangées aux sulfures insolubles et quels que soient l'acidité de la liqueur et les lavages répétés subis par les sulfures.

L'alcool évite cet inconvénient souvent du premier coup et, dans tous les cas, il est possible facilement d'éliminer toute trace de fer par lavage des sulfures.

Le gaz sulfhydrique peut provoquer la formation secondaire de sulfures alcooliques, quand il agit longtemps. Il n'y a point à attacher d'importance à ce phénomène.

Les sulfures insolubles sont alors lavés à l'eau bouillante légèrement chlorhydrique d'abord, pure ensuite jusqu'à ce que l'action de $AzO^3Hg$ soit négative.

On soumet ensuite les sulfures au bain-marie, à HCl pur bien exempt de $AzO^3H$. Après lavage on reprend par HCl avec quelques gouttes $AzO^3H$, on évapore à sec, on reprend deux fois par HCl, puis par l'eau. La solution des métaux précieux ainsi obtenue peut être reprécipitée par $H^2S$ si l'on craint encore quelques traces de fer, ou traitée pour la séparation et l'isolement des métaux précieux ($AzH^4Cl$, acide oxalique, etc.).

*Remarque.* — Cette méthode, comme toutes les méthodes de la voie humide, présente peut-être moins de sensibilité qu'une fusion plombeuse bien conduite, c'est-à-dire que sur 100$^g$ de minerai, la fusion plombeuse sera capable de déceler 29$^g$ d'or à la tonne, tandis qu'il ne faudra pas moins de 1$^{kg}$ de minerai traité par la voie humide pour cette même richesse en or.

De cet inconvénient découle un des avantages même de la voie humide : elle oblige à peser un poids d'or plus important, dans l'exemple cité 0,002 au lieu 0,0002.

Cette considération a sa valeur au point de vue de la certitude du résultat, quand on pèse, comme il arrive le plus souvent, avec une balance au $\frac{1}{20}$.

Quand il s'agit d'évaluer de très faibles quantités d'or je n'accorde jamais la préférence aux fusions plombeuses qui n'ont pour elles que leur facilité et leur rapidité [1]. La voie humide, au besoin électrique, est tout à fait supérieure car on ne peut invoquer contre elle aucune incertitude à la condition d'opérer sur un poids suffisant de minerai, traité méthodiquement.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur les pouvoirs réducteur et catalytique du carbone amorphe vis-à-vis des alcools.* Note de M. **J.-B. Senderens**, présentée par M. G. Lemoine.

Le carbone employé dans ces expériences a été extrait du noir animal, lequel, comme on le sait, lavé à chaud dans un excès d'acide chlorhydrique puis à l'eau distillée, fournit un carbone à peu près pur, ne retenant qu'une petite quantité de matière siliceuse. Ce carbone, séché à 100° et très finement pulvérisé, était introduit dans un tube de verre de $60^{cm}$ de long sur $1^{cm},5$ de diamètre, où il formait une couche qui remplissait la longueur du tube et le tiers environ de la section; il était chauffé dans une grille à analyse par l'intermédiaire d'une rigole métallique garnie de sable fin, et sa température était donnée par un thermomètre couché à côté du tube. Les liquides à étudier arrivaient par un tube capillaire à l'entrée du tube à carbone, où ils se transformaient en vapeurs, dispositif adopté dans les expériences d'hydrogénation faites en commun avec M. Sabatier [2].

L'appareil étant ainsi disposé, j'ai constaté tout d'abord, que le carbone préparé comme il a été dit s'empare de l'oxygène de l'air dès la température de 200°; il réduit l'oxyde azoteux et l'oxyde azotique vers 300°, en donnant, comme avec l'air, de l'azote, du gaz carbonique et une petite quantité d'oxyde de carbone, sans que, dans aucun cas, il se produise de phénomène d'incandescence.

Ces premiers résultats m'ont conduit à expérimenter le pouvoir réducteur du carbone en question sur les composés organiques, en commençant par l'alcool éthylique.

---

(1) Dans l'emploi qu'on en fait ordinairement.

(2) P. Sabatier et J.-B. Senderens, *Ann. Chim. et Phys.*, 8e série, t. IV, mars 1905.

Les vapeurs d'*éthanol* passant sur ce carbone ont donné dès la température de 350° un dégagement gazeux qui est devenu abondant à 400°, où tout l'alcool était transformé en un mélange gazeux qui, soumis à l'analyse, présentait la constitution suivante :

| | |
|---|---|
| Gaz carbonique | 0,5 |
| Éthylène | 35,5 |
| Oxyde de carbone | 4,5 |
| Méthane | 54,7 |
| Hydrogène | 4,8 |

Il se produit en même temps de l'aldéhyde formique et c'est à sa destruction partielle qu'il convient d'attribuer, en même temps que l'hydrogène, les faibles quantités d'oxyde de carbone qui sont hors de proportion avec celles que fournirait la réduction de l'alcool éthylique par le carbone, laquelle devrait en outre donner de l'éthane au lieu du méthane. Quant au gaz carbonique, il s'y trouve en quantité négligeable.

Il n'y a donc pas réduction de l'alcool éthylique, mais simplement une action catalytique par laquelle le carbone amorphe opère les deux dédoublements suivants :

(1) $$CH^3.CH^2OH = CH^2 = CH^2 + H^2O,$$

(2) $$CH^3.CH^2OH = CH^4 + HCHO.$$

Et enfin l'aldéhyde formique, par sa décomposition partielle, fournit les petites quantités d'hydrogène et d'oxyde de carbone qui se trouvent dans le mélange gazeux.

Avec l'*alcool propylique* le second dédoublement est presque supprimé. Cet alcool en présence du carbone amorphe se décompose déjà à 300°; les gaz se dégagent en abondance vers 340°, et leur composition, qui ne varie pas sensiblement jusqu'à 400°, est la suivante :

| | |
|---|---|
| Propylène | 87,8 |
| Oxyde de carbone | 1,3 |
| Éthane | 9,5 |
| Hydrogène | 1,4 |

Ici encore on constate la production de formaldéhyde qui explique la présence de l'éthane et des minimes quantités de CO et $H^2$ dans le mélange gazeux. Le carbone intervient donc uniquement comme catalyseur pour dédoubler le propanol sensiblement d'après l'équation

$$CH^3.CH^2.CH^2OH = CH^3.CH = CH^2 + H^2O.$$

On ne saurait attribuer les résultats qui précèdent à la seule action de la chaleur, car l'alcool éthylique ne commence à se décomposer que vers 500° à 600° (M. Berthelot), et je me suis assuré que le propanol ne dégageait pas de gaz lorsque ses vapeurs passaient dans un tube de verre vide chauffé à 500°.

Ayant ensuite l'idée d'introduire dans ce dernier tube du *sable siliceux*

très fin, dans le but de mieux répartir la chaleur, je constatai que ce sable exerçait sur les deux alcools une action catalytique plus intense que le carbone extrait du noir animal, propriété que j'ai retrouvée ensuite dans la *pierre ponce*, le *phosphate bicalcique*, la *magnésie* et d'autres corps inertes qui sont à l'étude et dont quelques-uns remplaceront avec avantage, pour la préparation de certains carbures éthyléniques, l'alumine pure proposée par M. Ipatieff (¹).

C'est peut-être aux matières siliceuses que retient le noir animal après son lavage à l'acide, qu'il faudrait attribuer l'allure spéciale qui distingue son action catalytique de celle des autres charbons. Le charbon de sucre, en effet, décompose l'alcool éthylique en donnant 29 pour 100 d'oxyde de carbone et seulement 4,7 pour 100 d'éthylène; l'alcool propylique, en donnant 8 pour 100 d'oxyde de carbone et 32 pour 100 de propylène; de telle sorte qu'il semble bien qu'en ce qui concerne le propanol, le pouvoir réducteur, chez le charbon de sucre, se trouve associé à l'action catalytique, et que pour l'éthanol il soit prépondérant.

Il résulte de cet exposé que l'action catalytique du carbone amorphe sur les alcools fournit des produits assez complexes. Il n'en est plus de même lorsque, à ce carbone, l'on substitue le *phosphore rouge amorphe*. Celui-ci s'est révélé vis-à-vis des alcools comme un catalyseur remarquable, leur enlevant entre 200° et 240° une molécule d'eau, et fournissant ainsi une *méthode générale de préparation des carbures éthyléniques purs*.

CHIMIE VÉGÉTALE. — *Sur la migration des principes solubles dans le végétal.* Note de M. G. André.

J'ai montré, dans ma dernière Communication (séance du 4 février 1907), que l'extrait sec des sucs retirés par expression des divers organes du *Topinambour*, du *Phytolacca decandra* et de la *Carotte* augmentait en valeur absolue à mesure que la plante se développe. Je renvoie à cette Communication ainsi qu'à celle du 10 décembre (*Comptes rendus*, t. CXLIII, 1906, p. 972) pour les détails de l'expérience. Or, ces divers organes, racines et tubercules, tiges, feuilles, perdent, pendant leur développement, des quantités d'eau variables, souvent assez fortes, ainsi qu'il résulte de l'inspection des nombres inscrits dans les Tableaux de mes deux Notes précédentes.

---

(¹) Ipatieff, *Journ. Soc. physico-chim. r.*, t. XXXV, 1903, p. 577.

Pour savoir si, en réalité, la quantité de matière soluble augmente dans un organe, il faut prendre le rapport entre le poids de l'extrait sec total et celui de la matière sèche totale et comparer ces rapports entre eux aux différentes périodes de la végétation. Si ce rapport s'accroît, on pourra affirmer qu'il y a augmentation de matière soluble dans l'organe considéré. Dans le cas contraire, l'organe aura perdu une certaine quantité de matière soluble dont auront profité d'autres organes. Enfin, lorsque ce rapport sera invariable, on pourra conclure que l'apport ou la production de matières solubles est exactement compensé par un départ égal de ces mêmes matières solubles.

Pour calculer l'extrait sec *total* que contient l'organe de la plante soumis à l'expérience, on peut procéder ainsi. L'ensemble des trois pressions exercées sur la matière végétale de tel organe ayant fourni une certaine quantité de suc, on connaît, en consultant les chiffres inscrits dans les Tableaux de mes deux précédentes Notes, la quantité d'extrait renfermé dans ce suc. Mais il reste encore dans la pulpe une certaine dose d'eau et, par conséquent, de matière soluble que la pression n'a pas enlevée. Or, j'ai reconnu, en soumettant diverses matières végétales (feuilles, racines) à des pressions beaucoup plus fortes ($175^{kg}$ et $200^{kg}$ par centimètre carré) que celles dont j'avais fait usage jusqu'ici, que la concentration du suc subissait de faibles variations à partir d'une pression de $25^{kg}$ par centimètre carré et tendait vers une valeur à peu près constante à mesure que la pression augmentait. Donc, pour connaître la quantité d'extrait que contient le liquide qui demeure dans la partie végétale considérée (pulpe) après que celle-ci a été soumise à une pression de $25^{kg}$, je suppose que cette quantité d'extrait est la même que celle qu'a fournie la pression de $25^{kg}$ (pression III). En calculant ainsi et en rapportant à 100 parties de matière fraîche, on trouve la composition suivante pour les divers organes étudiés :

| | | | Dans 100 parties de matière fraîche : | | La matière sèche totale contient : | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Eau. | matière sèche totale. | extrait sec total. | matière insoluble. | Rapport : Extrait sec total / Matière sèche totale. |
| Topinambour. | Racines et tubercules. | 18 juin 1906 | 84,87 | 15,13 | 7,34 | 7,79 | 0,48 |
| | | 17 juillet | 76,47 | 23,53 | 13,16 | 10,37 | 0,55 |
| | | 19 septembre | 78,08 | 21,92 | 16,25 | 5,67 | 0,74 |
| | Tiges. | 18 juin | 90,26 | 9,74 | 4,59 | 5,15 | 0,47 |
| | | 17 juillet | 79,30 | 20,70 | 7,72 | 12,98 | 0,37 |
| | | 19 septembre | 68,23 | 31,77 | 19,46 | 12,31 | 0,61 |
| | Feuilles. | 18 juin | 84,05 | 15,95 | 4,26 | 11,69 | 0,26 |
| | | 17 juillet | 79,58 | 20,42 | 4,75 | 15,67 | 0,23 |
| | | 19 septembre | 75,83 | 24,17 | 6,51 | 17,66 | 0,26 |

| | | | Dans 100 parties de matière fraîche : Eau. | matière sèche totale. | La matière sèche totale contient : extrait sec total. | matière insoluble. | Rapport : $\frac{\text{Extrait sec total}}{\text{Matière sèche totale}}$. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Phytolacca. | Racines. | 22 juin | 88,02 | 11,98 | 3,84 | 8,14 | 0,32 |
| | | 10 septembre | 86,12 | 13,88 | 6,58 | 7,30 | 0,47 |
| | Tiges. | 22 juin | 92,90 | 7,10 | 4,39 | 2,71 | 0,61 |
| | | 10 septembre | 75,89 | 24,11 | 6,55 | 17,56 | 0,27 |
| | Feuilles. | 22 juin | 85,75 | 14,25 | 9,33 | 4,92 | 0,65 |
| | | 10 septembre | 79,36 | 20,64 | 11,18 | 9,46 | 0,54 |
| Carotte. | Racines | 6 juillet | 89,67 | 10,33 | 5,92 | 4,41 | 0,57 |
| | | 3 septembre | 85,67 | 14,33 | 8,40 | 5,93 | 0,58 |
| | Tiges et feuilles. | 6 juillet | 84,24 | 15,76 | 6,66 | 9,10 | 0,42 |
| | | 3 septembre | 80,97 | 19,03 | 9,24 | 9,79 | 0,48 |

Il ressort de l'examen des rapports $\frac{\text{Extrait sec total}}{\text{Matière sèche totale}}$ que la matière soluble augmente chez les racines de *Topinambour* dans le rapport de 1 à 1,5, dans l'espace de 3 mois, ainsi que chez celles du *Phytolacca* dans l'espace de 2 mois et demi. Chez ces deux végétaux, la racine joue donc bien le rôle d'organe de réserve. Dans la racine de *Carotte,* le rapport n'a pas changé après 2 mois de végétation. Dans les tiges du Topinambour, l'accroissement de matière soluble est encore très marqué, puisque le rapport précédent, égal à 0,47 au 18 juin, prend une valeur beaucoup plus considérable (0,61) au 19 septembre, après avoir présenté un minimum (0,37) le 17 juillet, époque de l'apparition des tubercules sur les racines. La matière soluble s'est donc accumulée chez cette plante aussi bien dans les racines et tubercules que dans la tige. Dans les tiges de *Phytolacca,* le rapport en question a passé de 0,61 (22 juin) à 0,27 (10 septembre) : il y a donc diminution de matière soluble alors qu'il y a enrichissement dans la racine pendant la même période. Chez les tiges et feuilles de Carotte, le rapport s'est accru, mais faiblement.

Dans le cas des feuilles de Topinambour, on voit que le rapport est à peu près constant, ce qui semble indiquer, à côté d'une production active de matière soluble (sucres), un départ égal de matière vers la tige et la racine. Quant aux feuilles de *Phytolacca,* la diminution du rapport implique l'existence d'un mouvement de sortie des matières solubles non compensé par une production correspondante. Chez les plantes de *Phytolacca* examinées, la floraison était abondante au 10 septembre, alors que le Topinambour n'avait pas encore fleuri le 19 septembre. On peut donc expliquer la diminution du rapport précédent dans les feuilles de *Phyto-*

*lacca* par cette circonstance que les feuilles fournissent de la matière soluble à la fois aux racines et aux graines en voie de formation.

Les données que je viens de développer montrent comment on peut tirer parti de l'étude de la variation du poids des matières solubles qui constituent les extraits pour expliquer certains phénomènes de la migration.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Transformations dans l'organisme et élimination de l'acide formique et des formiates*. Note de M. C. **Fleig**, présentée par M. Armand Gautier.

L'acide formique et les formiates introduits dans l'organisme seraient, d'après Rabuteau, brûlés puis éliminés par l'urine à l'état de bicarbonates, tandis que pour Schotten, Gréhant, Quinquand, et d'autres auteurs, ils passeraient en majeure partie dans les urines sans éprouver la moindre décomposition.

Les faits que nous relatons dans cette Note prouvent l'existence d'une transformation partielle de l'acide formique dans les tissus et établissent surtout le mécanisme de cette transformation.

A la suite de l'administration de formiates, les urines deviennent alcalines et plus riches en carbonates; l'augmentation du taux des carbonates est d'ailleurs plus constante et plus intense si l'on introduit les formiates dans l'organisme de façon lente et progressive que si on les injecte massivement dans le sang.

De plus l'examen du rapport de la quantité de formiate éliminée avec l'urine à la quantité ingérée ou injectée montre que ce coefficient d'élimination urinaire est en moyenne de 64 pour 100 dans le cas d'injection intra-veineuse et de 56 pour 100 dans le cas d'ingestion par l'estomac. Les doses de formiates éliminées par la sueur ou par les divers sucs digestifs sont assez minimes pour ne pas éloigner notablement la valeur du coefficient d'élimination totale de celle du coefficient d'élimination urinaire. Les tissus transforment donc un peu moins de 36 pour 100 des formiates injectés dans le sang et un peu moins de 44 pour 100 des mêmes sels introduits par le tube digestif. L'inconstance de la proportion des carbonates de l'urine après le traitement formiaté s'explique par la possibilité d'une élimination de l'acide carbonique par les poumons.

En ce qui a trait au mécanisme des mutations subies par les formiates,

on peut se demander d'abord dans quels organes ou tissus celles-ci ont lieu. Battelli a démontré une oxydation de nature diastasique de l'acide formique par des extraits de foie et de muscles *en présence d'eau oxygénée.* Nous avons répété avec succès ses expériences et obtenu, en outre, toujours *en présence d'eau oxygénée,* des résultats de même ordre avec des extraits de muqueuse intestinale, de rate, de rein, de poumon.

Cette oxydation a lieu aussi à l'état physiologique : Sur des solutions de formiates, nous avons étudié l'action du sang, de macérations fraîches de foie, d'intestin, de rein, puis l'action de mélanges de sang et de macérations fraîches de ces mêmes organes, toutes ces expériences étant faites à la température du corps avec aération du milieu par un courant d'air ou d'oxygène, *sans addition d'eau oxygénée;* dans le cas des mélanges de sang et de macérations d'organes l'oxydation des formiates s'est produite, tandis que le sang ou les macérations d'organes employés séparément sont restés inefficaces. Avec le foie nous avons pu, en outre, obtenir la même oxydation en pratiquant, dans cet organe, une circulation artificielle de sang défibriné additionné de 1 pour 100 de formiate de soude.

Pour suivre la destruction de l'acide formique dans les divers milieux organiques, une première méthode était de doser la *quantité de* $CO^2$ *dégagée* d'une part, par le liquide organique témoin, c'est-à-dire non additionné de formiate, et, d'autre part, par le même liquide additionné de 1 pour 100 de formiate. Une deuxième méthode était basée sur les *différences de pouvoir réducteur vis-à-vis du permanganate du liquide organique témoin et du même liquide formiaté, avant et après le passage d'un courant d'air ou d'oxygène* d'une durée de 12 à 15 heures. Soient $r$ le pouvoir réducteur du liquide organique témoin et R celui du même liquide formiaté, au début de l'expérience; $r'$ et $R'$ les pouvoirs réducteurs respectifs après aération des liquides; $r - r'$ représente la diminution de pouvoir réducteur due à l'autolyse spontanée, $R - R'$ la diminution de pouvoir réducteur due, d'une part, à la même autolyse, d'autre part à l'oxydation d'une certaine quantité $x$ de formiate : donc $R - R' = (r - r') + x$; d'où $x = R - R' - (r - r')$. Dans le cas où $R - R' > r - r'$, $x$ a une valeur positive, c'est-à-dire qu'il y a eu oxydation; au contraire, si $R - R' = r - r'$, on a $x = 0$, c'est-à-dire qu'il n'y a pas d'oxydation.

La transformation de l'acide formique dans l'organisme ne peut s'effectuer qu'en milieu aérolisé : Battelli a montré qu'en l'absence d'oxygène la cellule vivante ne peut *dédoubler* l'acide formique avec dégagement de méthane et d'hydrogène ni le *décomposer*.

Si l'acide formique, au lieu d'être injecté dans le sang, est introduit dans l'estomac, une partie est déjà transformée dans le tube digestif par les microbes intestinaux : des solutions de formiates mises à l'étuve en contact

avec une certaine quantité de matière du contenu intestinal nous ont permis de constater une diminution de leur titre d'autant plus marquée que l'expérience était prolongée plus longtemps ($\frac{1}{12}$ en 12 heures, $\frac{1}{8}$ en 24 heures, $\frac{1}{4}$ en 48 heures). Le volume d'hydrogène obtenu dans cette fermentation étant le double du volume de $CO^2$, le dédoublement produit dans le tube digestif doit donc pouvoir se représenter par l'équation établie par Hoppe-Seyler à propos de l'action des microbes de la boue d'égout sur les formiates :

$$(H.COO)^2Ca + H^2O = CO^3Ca + CO^2 + 2H^2.$$

A côté de la réaction de dédoublement dans le tube digestif doit aussi intervenir un processus d'oxydation, la proportion de formiate décomposée étant ordinairement plus grande si l'on fait barboter de l'air dans le liquide que si celui-ci n'est pas aéré.

Cette intervention des microbes intestinaux permet d'expliquer la différence signalée plus haut dans le taux du coefficient de l'élimination formiatée suivant qu'il s'agit d'injection intra-veineuse ou d'ingestion par la voie stomacale.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Sur le caractère brusque de l'activation du suc pancréatique par les sels de calcium.* Note de M. C. Delezenne, présentée par M. Roux.

Dans mes premières recherches ([1]) sur l'activation du suc pancréatique par les sels de calcium, j'appelais déjà l'attention sur ce fait que l'activation *ne se réalise qu'après un temps perdu plus ou moins considérable.* Je montrais, en outre, qu'un suc activé peut être complètement débarrassé des sels solubles de calcium qu'il renferme, sans perdre en aucune façon les propriétés nouvelles qu'il a acquises. Les sels de chaux solubles, dont la présence détermine la formation de la trypsine active, ne sont nullement indispensables à l'action digestive du ferment définitivement constitué.

Une analyse plus complète et plus minutieuse du mode d'action des sels de calcium me conduit à une notion nouvelle : quel que soit le temps perdu qu'elle nécessite, l'activation du suc pancréatique *se produit toujours*

([1]) *Comptes rendus,* 13 novembre et 27 novembre 1905. — *Comptes rendus de la Société de Biologie,* 18 novembre et 25 novembre 1905.

*brusquement* et présente les caractères d'un véritable phénomène explosif. Ceci peut être aisément démontré par deux ordres d'expériences.

Ajoutons à du suc pancréatique naturel et rigoureusement inactif, une dose suffisante de $CaCl^2$ pour en déterminer sûrement l'activation ($0^{cm^3},15$ d'une solution 2Nm par centimètre cube de suc), et portons aussitôt le mélange dans le thermostat à 40°.

Faisons, à partir de ce moment, d'heure en heure, une prise de $0^{cm^3},2$ dans le mélange et ajoutons-la aussitôt à un tube contenant $2^{cm^3}$ de gélatine à 10 pour 100, porté lui-même préalablement à la température de 40°. Après 10 minutes de séjour à cette température, plongeons le tube dans un bain d'eau à 10°. Si la gélatine n'a subi aucune modification, elle se gélifiera comme dans le tube témoin, c'est-à-dire en 2 à 3 minutes, tandis que si elle a été digérée elle restera indéfiniment liquide.

Cette première expérience nous montrera que, pour un échantillon de suc pancréatique déterminé, les prises faites au point de départ, 1 heure, 2 heures, 3 heures et 4 heures plus tard, n'exercent aucune action sur la gélatine; remis dans le thermostat aussitôt après gélification, les tubes pourront même y être maintenus plusieurs heures sans que la gélatine soit visiblement modifiée.

Sachant maintenant que l'activation s'opère entre la quatrième et la cinquième heure, réalisons un nouveau mélange de suc pancréatique et de $CaCl^2$, identique au premier, portons-le dans le thermostat et faisons à partir de la quatrième heure les prises de 10 en 10 minutes. Ce nouvel essai nous montrera que l'échantillon de suc prélevé au bout de 4 heures 30 minutes, par exemple, ne modifie en aucune façon la gélatine, alors que l'échantillon prélevé 10 minutes plus tard, soit après 4 heures 40 minutes, la digère complètement en quelques minutes. Bien plus, il nous suffira, le plus souvent, pour obtenir une digestion rapide de la gélatine, d'une dose dix, vingt et même cent fois inférieure à celle qui se montrait totalement inactive 10 minutes auparavant.

En opérant avec certaines précautions, sur lesquelles il y aura lieu d'insister plus tard, nous pourrons rapprocher les prises davantage encore et observer aisément que le suc, qui était encore tout à fait inactif après 4 heures 35 minutes, par exemple, a acquis son maximum d'activité au bout de 4 heures 38 minutes. C'est bien le maximum, car, à partir de ce moment, le suc activé, maintenu à 40°, s'atténue progressivement, encore que d'une façon assez lente.

Si nous avons pu obtenir des résultats aussi démonstratifs c'est que nous avons bénéficié de deux circonstances favorables: 1° la gélatine liquide peut être totalement digérée en un très court espace de temps par une faible dose de trypsine; 2° la présence de la gélatine retarde par elle-même de beaucoup l'activation du suc.

On peut d'ailleurs réaliser des conditions tout aussi favorables en opérant non plus sur la gélatine, mais sur l'ovalbumine coagulée. Il suffit pour cela d'appliquer à l'expérience les deux données suivantes: 1° on peut débarrasser un suc activé de la chaux soluble qu'il contient sans modifier en aucune façon les propriétés nouvelles qu'il a acquises, fait que nous avons

établi antérieurement ; 2° on empêche indéfiniment l'activation si l'on précipite le sel de chaux même quelques minutes seulement avant l'instant précis où le phénomène doit avoir lieu, fait que nous avons depuis lors constaté.

Adressons-nous à un suc pancréatique dialysé en présence de NaCl à 8,5 pour 1000, pour réduire au minimum la quantité de chaux nécessaire à l'activation. Répartissons ce suc par portions de $2^{cm^3}$ dans une série de tubes à essai, ajoutons à chacun d'eux $0^{cm^3},2$ d'une solution 0,1 Nm de $CaCl^2$, et portons-les simultanément à 40°. Une expérience préalable sur la gélatine nous a montré que l'activation se produisait entre la sixième et la septième heure, par exemple. A partir de la sixième heure, ajoutons à chacun des tubes, et successivement de 5 en 5 minutes, une dose d'oxalate d'ammoniaque plus que suffisante pour précipiter toute la chaux soluble, et introduisons aussitôt, dans le mélange, un cube d'albumine. Nous verrons que, dans tous les échantillons où la précipitation a été réalisée entre 6 heures et 6 heures 25 minutes, les cubes d'albumine restent complètement intacts, même après 3, 4 et 5 jours d'étuve, alors que dans tous les échantillons suivants les cubes d'albumine sont complètement digérés en 5 à 6 heures.

Je m'étais déjà demandé, lors de mes premières publications, si le processus de l'activation du suc pancréatique par les sels de chaux ne doit pas être rapproché de la formation du fibrin-ferment. Les expériences qui viennent d'être rapportées montrent déjà entre les deux ordres de phénomènes un parallélisme très étroit. L'analogie se poursuit plus loin encore ; en particulier dans l'activation du suc pancréatique, comme dans la formation du fibrin-ferment, *la nature physique de la paroi* avec laquelle les liquides sont en contact joue un rôle des plus intéressants.

ENTOMOLOGIE. — *Un Diptère vivipare de la famille des Muscides à larves tantôt parasites, tantôt végétariennes*. Note de M. **J. Künckel d'Herculais**, présentée par M. Edmond Perrier.

Lorsqu'en 1894 (¹) nous exposions les premiers résultats de nos observations sur certains Diptères parasites en faisant connaître le rôle de quelque importance joué en Algérie par une petite Muscide, que nous désignions alors sous le nom d'*Anthomyia cana* Macquart, dans la destruction des œufs des Acridiens, Criquets pèlerins ou Stauronotes marocains, nous ne soupçonnions pas tout ce qu'offrait de curieux la biologie de ce minuscule moucheron.

(¹) *Comptes rendus*, t. CXVIII, p. 1894, 1359.

Dans la République Argentine nous rencontrions également une Anthomyide dont les larves, d'une abondance extrême, pouvaient compter parmi les plus actives et les plus puissantes destructrices des pontes des Criquets américains (*Schistocerca americana* Drury). La fécondité de ces petites Muscides nous fut bientôt expliquée ; douées d'un merveilleux odorat, elles venaient rôder, aussi bien dans notre laboratoire situé dans la ville même de Buenos-Aires que dans celui dont nous disposions en pleine campagne, à Palermo, autour des couvre-plats qui abritaient les pontes des Sauterelles servant à nos études, et nous ne tardions pas à surprendre les femelles, pressées d'assurer le sort de leur progéniture, cherchant à pénétrer à travers les toiles métalliques ; mais, bientôt rebutées, nous les voyions insinuer leur abdomen, alors démesurément allongé, entre les mailles de la toile ; nous nous attendions à les voir déposer des œufs, à la façon d'autres Muscides aux larves oophages, telles que les *Idia lunata* Fab. dont nous avons écrit l'histoire (¹) ; mais notre surprise fut grande en remarquant, à maintes reprises, qu'elles laissaient échapper de jeunes larves, infimes asticots, qui tombant sur la terre recélant les œufs des Acridiens, s'enfouissaient sans retard. Il n'y avait donc aucun doute à avoir : l'Anthomyide américaine n'était pas ovipare, mais *vivipare*.

Si inattendue et si intéressante que fut l'observation, elle ne pouvait demeurer sous une forme imprécise; il était nécessaire de déterminer l'état civil des Anthomyides parasites. L'*Anthomyia* algérienne avait bien été déterminée, *A. cana* Macquart, d'après un type conservé dans les collections du Muséum, mais de provenance inconnue; c'était, pour ainsi dire, une espèce retrouvée. Elle avait une grande ressemblance avec l'*Anthomyia* américaine; je n'osai cependant pas, de mon propre chef, les identifier; j'eus recours aux lumières des diptérologistes les plus compétents; M. Th. Becker, de Stettin, rapporta les spécimens algériens et argentins soumis à son examen, et comparés à l'*A. cana* type, à cette espèce (novembre 1901). D'autre part, les mêmes spécimens argentins, mâles et femelles (avril 1899), provenant de mes éducations, ayant été envoyés par moi de Buenos-Aires à M. Meade de Bradford, celui-ci assimila les mâles et les femelles à l'*Anthomyia* (*Chortophila* Rondani) *cilicrura* Rondani, mais il ajoutait ce renseignement : « J'ai reçu autrefois cette Mouche de New-York et de Boston, où elle est très connue comme destructrice des œufs de Sauterelles. » Remontant aux sources, nous apprenions en effet que l'*Anthomyia* observée par Riley, décrite et figurée par lui sous le nom d'*A. angustifrons*, avait été reconnue par Rondani, en la comparant avec ses types, et par Meade lui-même, comme étant l'*Antho*-

(¹) Le professeur Riley n'avait-il pas prétendu d'ailleurs que les Anthomyies à larves oophages qu'il avait observées aux États-Unis étaient ovipares ?

*myia* (*Chortophila*) *cilicrura* Rondani (1883). Lintner, dans son étude sur les Anthomyies des États-Unis, reproduisant les observations, les descriptions et les figures données par Riley, adoptait l'opinion de Meade. Dans l'intention d'arriver à toute la précision possible, nous communiquions (octobre 1904) ces mêmes spécimens algériens et argentins de la petite Muscide à un spécialiste des plus autorisés, P. Stein, de Genthin (Brandebourg), qui me répondit que tous les spécimens, mâles et femelles, se rapportaient à la *Chortophila cilicrura* Rondani. La concordance des opinions levait tous les doutes.

Il restait toutefois un point à éclaircir. Qu'était l'*Anthomyia* que les conservateurs de l'Indian Museum de Calcutta avaient obtenue des grappes ovigères du Criquet pèlerin (*Schistocerca peregrina* Olivier) qui provenaient de Peshawar (nord-ouest du Punjab) et que le diptérologiste J. Bigot avait nommée *Anthomyia peshawarensis?* L'examen des figures dessinées par E. Cotes nous donnait la quasi-certitude que cette petite Mouche était la même que celle que nous avions élevée en Algérie; M. A.-W. Alcock, Superintendant de l'Indian Museum de Calcutta, ayant eu l'extrême obligeance de me communiquer trois exemplaires de l'*A. peshawarensis* Bigot types (21 janvier 1905), nous avons eu les éléments de comparaison qui ont changé nos prévisions en certitude.

Si nous faisons la synthèse de ces diverses consultations, nous acquérons cette conviction : c'est que la petite Mouche Anthomyie dont la larve, dans l'ancien et le nouveau continent, est une des plus grandes destructrices des œufs de Sauterelles, d'espèces les plus diverses (*Caloptenus spretus*, aux États-Unis; *Stauronotus maroccanus*, en Algérie; *Schistocerca peregrina*, en Algérie et dans l'Inde; *Schistocerca americana*, dans l'Amérique du Sud), n'est autre que l'*Anthomyia* (*Chortophila*) *cilicrura* Rondani; l'espèce est donc universellement répandue.

Comment cette Muscide peut-elle avoir une aire de dispersion aussi étendue? Cela tient aux mœurs spéciales de ses larves; en effet, si nous nous reportons aux observations biologiques faites par différents naturalistes, nous arrivons à cette conclusion : c'est que les larves d'*A.* (*Chortophila*) *cilicrura* n'ont pas un régime animal exclusif, car dans certaines conditions elles sont *végétariennes*. Meade signale, en effet, qu'il a reconnu, dans des échantillons qui provenaient des éducations faites par Miss Eleanor Ormerod et par M. Dunn, de petites larves attaquant les bulbes des Oignons et des Échalottes, *A.* (*Chortophila*) *cilicrura;* d'autre part, le Dr Villeneuve, qui consacre ses loisirs à l'étude des Diptères, m'a fait connaître que cette Mouche est très commune dans nos potagers, et que M. Estit, à l'exemple

de Gouraud et de Bouché (1), élève souvent sa larve parasite du Poireau, des Oignons, du Persil; enfin mon collègue M. Pierre Lesne l'a obtenue de larves vivant dans des tiges d'Asperges plus ou moins altérées.

Si donc cette Anthomyie s'attaque à ces divers végétaux, partout cultivés, dans des conditions qu'il serait bon de déterminer avec précision, car les larves vivent dans le magma résultant de la pourriture des tissus, on comprend qu'elle peut avoir une aire de dispersion s'étendant sur les deux mondes; d'après cela l'on ne s'étonnera plus qu'elle soit toujours présente pour se jeter, quand s'offre l'occasion, sur les œufs des Sauterelles d'invasion.

ZOOLOGIE. — *Histolyse, sans phagocytose, des muscles vibrateurs du vol, chez les reines des Fourmis*. Note de M. **Charles Janet**, présentée par M. Alfred Giard.

Dans une Note précédente (2) j'ai exposé que, chez les reines des Fourmis, la musculature productrice des vibrations du vol, musculature qui constitue le plus volumineux de tous les organes du corps, mais qui ne fonctionne qu'une fois, pendant quelques heures, au cours d'une existence d'une dizaine d'années, disparaît complètement après le vol nuptial et se trouve remplacée, ultérieurement, par des colonnettes d'adipocytes (3).

D'une étude minutieuse de la dégénérescence de cette musculature chez la reine de *Lasius niger*, il résulte qu'elle se produit absolument sans aucune intervention de phagocytose.

L'histolyse commence très peu de temps après le vol nuptial. Elle ne débute pas simultanément, et ne marche pas avec la même vitesse, dans tous les faisceaux musculaires d'un même individu. On trouve, en effet, constamment, à côté de quelques faisceaux en apparence intacts, des faisceaux où la dégénérescence est à des degrés d'avancement très divers et même, parfois, presque complètement terminée.

Le résultat de cette histolyse est un enrichissement très considérable du sang. Très aqueux, et laissant dans les préparations les espaces interor-

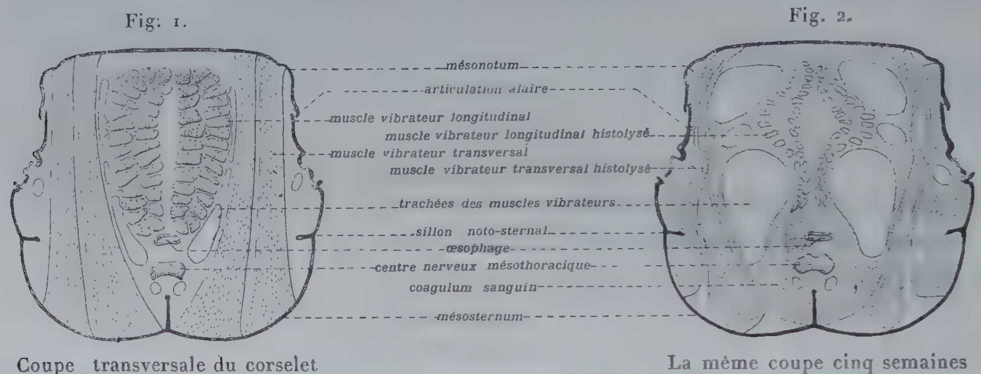
(1) Gouraud et Bouché donnaient à cette petite Anthomyie le nom d'*A. platura* Meigen. Elle porte encore bien d'autres noms.

(2) *Comptes rendus*, t. CXLII, p. 1095.

(3) *Loc. cit.*, *fig.* 1 et 2.

ganiques tout à fait clairs, chez les individus fixés le jour du vol nuptial (*fig.* 1), il devient extraordinairement riche en substances albuminoïdes et donne, sous l'action de la chaleur, un coagulum très épais et très colorable dès que l'histolyse est un peu avancée, et surtout lorsqu'elle est terminée (*fig.* 2).

De ce que le liquide sanguin s'enrichit progressivement, à partir de




Coupe transversale du corselet le jour du vol nuptial.

La même coupe cinq semaines plus tard.

l'instant où la dégénérescence des muscles a commencé, et de ce que les faisceaux musculaires ne sont touchés que les uns après les autres par cette dégénérescence, il résulte que le milieu dans lequel s'accomplit l'histolyse complète d'un faisceau donné est, à la fois, variable et différent du milieu dans lequel s'accomplit l'histolyse d'un autre faisceau, même voisin. Cela entraîne des apparences variées correspondant à des différences réelles dans le détail du processus de l'histolyse des divers faisceaux d'un même individu.

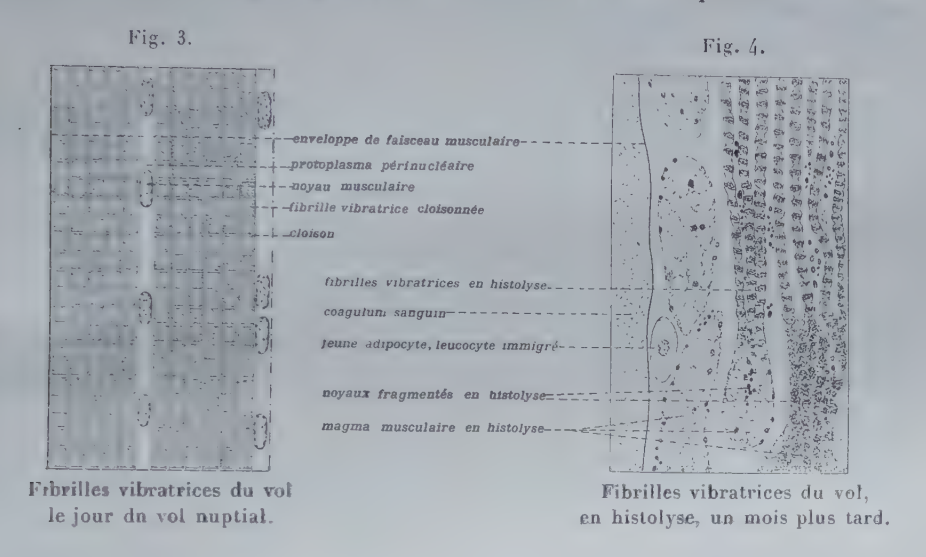
Au moment du vol nuptial, les fibrilles vibratrices, bien gonflées et bien tendues, sont parfaitement cylindriques et rectilignes. Les noyaux musculaires, bien alignés, sont logés entre les fibrilles. Ils sont plongés dans la même substance protoplasmique que celle qui remplit les espaces interfibrillaires (*fig.* 3).

Le début de l'histolyse se traduit par une altération des fibrilles qui perdent leur netteté. Ensuite, le plus souvent, elles se contractent, deviennent onduleuses, s'égrènent en éléments correspondant à leur cloisonnement et finissent par devenir indistinctes. Elles sont alors fusionnées en un magma dans lequel la chromatine des noyaux musculaires se trouve fragmentée en grains fortement colorables par l'hématoxyline.

Ce magma se dissout peu à peu par sa surface et se découpe en petites masses, parfois bien ovoïdes, souvent irrégulières et corrodées (*fig.* 4).

Quant aux enveloppes des faisceaux, elles sont respectées par l'histolyse et se retrouvent longtemps après la disparition complète des muscles (*fig.* 2).

Au cours de la dégénérescence, c'est-à-dire depuis le moment où le muscle est encore intact jusqu'à celui où il n'en reste plus d'autre trace




Fibrilles vibratrices du vol le jour du vol nuptial.

Fibrilles vibratrices du vol, en histolyse, un mois plus tard.

que les enveloppes de ses faisceaux, il n'y a certainement aucune phagocytose, c'est-à-dire aucun englobement, par un leucocyte amiboïde, de particules solides du muscle en histolyse.

Il y a bien, à l'extérieur des faisceaux, des cellules granuleuses ressemblant plus ou moins à des phagocytes bourrés; il y a bien aussi des leucocytes qui, eux, pénètrent réellement dans l'intérieur des faisceaux en histolyse (*fig.* 4); mais, en réalité, ni les uns ni les autres ne sont des phagocytes.

Les premières sont des cellules amiboïdes granuleuses dont l'existence est bien antérieure au vol nuptial et, par conséquent, bien antérieure au début de l'histolyse. Elles restent d'ailleurs toujours séparées des masses musculaires en dégénérescence par les enveloppes persistantes des faisceaux, en sorte qu'elles sont dans l'impossibilité d'incorporer le moindre fragment solide de ces masses.

Quant aux secondes, ce sont les cellules initiales des adipocytes qui se préparent à prendre, dans l'intérieur des enveloppes des faisceaux histolysés, la place du tissu musculaire disparu.

Chez les Insectes, de semblables leucocytes, ayant commencé, dans di-

verses parties du corps et à divers stades du développement, à se transformer en adipocytes pourvus de globules albuminoïdes, paraissent avoir été pris parfois, par erreur, pour des phagocytes.

PARASITISME. — *Sur la fructification des champignons pathogènes à l'intérieur même des tissus chez l'Homme.* Note de MM. **Charles Nicolle** et **Pinoy**, présentée par M. Roux.

Jusqu'à ces derniers temps, les auteurs qui avaient étudié les champignons pathogènes les considéraient comme incapables de fructifier à l'intérieur des tissus animaux. On croyait que seuls les champignons causant des maladies de la peau, des otomycoses, des pneumomycoses, pouvaient donner leurs organes de fructification soit parmi les squames de la peau, soit dans le conduit auditif, soit dans les bronches et la trachée.

L'étude systématique des champignons causant les mycétomes connus ordinairement sous le nom de *pied de Madura* montre combien cette conception était inexacte.

Tout d'abord, dans un cas de mycétome à gros grains blancs parfois teintés légèrement de brun, il nous a été possible de trouver dans les grains des formes *Aspergillus* incontestables et des conidies. Grâce à cette constatation, nous pouvions affirmer que la culture d'*Aspergillus* (*sterigmatocystis*) *nidulans var. Nicollei* (Pinoy) que nous avions obtenue en partant des grains était bien la culture du champignon pathogène.

La publication de notre travail incitait Brumpt à reprendre l'examen des coupes d'un cas de mycétome à grains noirs déjà étudié par Bouffard, et il fut assez heureux pour retrouver des têtes d'*Aspergillus* tout à fait bien conservées, ainsi que de nombreuses conidies.

Cette propriété de fructifier à l'intérieur des tissus humains était-elle spéciale aux *Aspergillus*?

L'étude d'un nouveau cas de mycétome à grains noirs, petits, durs, cassants, dont nous avons obtenu la culture du parasite, nous permet de répondre.

Sur les milieux usuels (carotte, milieu de Sabourand, pomme de terre), le champignon isolé, en dehors de chlamydospores terminales et intercalaires, ne donne que de rares spores mycéliennes à la température de 37°. Aussi, provisoirement, avions-nous adopté le nom d'*Oospora mycetomi* (Laveran).

En ensemençant le champignon sur des fragments de bambous stérilisés, nous avons obtenu une forme conidienne caractéristique. C'est une spore ovale, mesurant $10^{\mu}$ sur $6^{\mu}$, brune, échinulée, se formant isolément à l'extrémité d'un filament. La spore se détache avec une portion du filament qui la porte. A l'aide de ces caractères, nous pourrons sans doute identifier le champignon parasite avec l'une des nombreuses Dématiées qui vivent sur le bois mort.

Or, dans les coupes d'un fragment de tissu contenant quelques grains, prélevé chez le malade, nous avons retrouvé ces spores de forme si caractéristique. On les rencontre surtout dans le tissu qui environne les grains.

La meilleure manière de les rechercher est de colorer les coupes avec du bleu de toluidine en solution aqueuse à 1 pour 100 et de différencier à l'alcool absolu. Les conidies absolument normales apparaissent en bleu violet sur le fond bleu de la préparation.

Il est curieux de voir qu'ici le milieu humain est plus favorable pour la production des conidies que les milieux usuels.

Nous n'insisterons pas sur l'utilité que pourra présenter, pour le diagnostic, le pronostic et le traitement des mycétomes, la détermination exacte du parasite par la méthode des cultures et la recherche des formes de fructification.

Actuellement nous ne retiendrons que ce fait : les champignons saprophytes qui deviennent parasites peuvent donner leurs formes de fructification même normales à l'intérieur des tissus de l'Homme et, vraisemblablement aussi, des animaux supérieurs.

PHYSIOLOGIE. — *Différences fondamentales dans le mécanisme et l'évolution des augmentations de résistance à l'infection suivant les procédés utilisés.* Note de MM. CHARRIN et LÉVY-FRANCKEL, présentée par M. d'Arsonval.

Différents procédés permettent d'augmenter la résistance de l'organisme à l'action des microbes. En apparence, malgré la diversité des moyens utilisés, les résultats sont les mêmes : les animaux se montrent réfractaires aux inoculations qui, pour eux, auparavant étaient mortelles. Toutefois, en particulier, quand pour accroître cette résistance, on a recours, d'une part, à des toxines, d'autre part, à un sérum antitoxique, l'expérimentation établit à quel point sont distinctes, soit les modifications imprimées à l'économie, soit l'évolution de l'augmentation de cet état réfractaire ou la marche des propriétés utiles conférées aux humeurs des animaux.

*Expérience I.* — Le 2 mai 1906, matin et soir, sous la peau de 4 lapins, 1, 2, 3, 4, on injecte $0^{cm^3},5$ de culture pyocyanique chauffée, durant un quart d'heure, à 80°. Le lendemain, on renouvelle ces injections, mais en les portant à $1^{cm^3}$ et en utilisant une toxine dont la température n'a été élevée qu'à 58°.

Le 4 mai, par voie intra-veineuse on inocule les lapins 1 et 2 ainsi que les témoins *a* et *b*; chacun reçoit $\frac{2}{3}$ de centimètre cube d'une culture pyocyanique. Ce même jour, on saigne les lapins 3 et 4.

Le 6 mai, à $9^h$ du matin, le témoin *b* meurt; le lapin 1 succombe à $4^h$, le témoin *a* à $6^h 45^m$ et le lapin 2 dans la nuit du 6 au 7.

Ce 6 mai, deux lapins 5 et 6, plus un témoin *c* reçoivent $0^{cm^3},5$ d'une culture pyocyanique. En même temps, à ces lapins 5 et 6 on injecte $2^{cm^3}$ et le lendemain $3^{cm^3}$ des sérums des animaux 3 et 4.

Le 8 mai au matin, le lapin 6 et le témoin *c* sont morts; le lapin 5 succombe le 9.

Si entre la dernière injection de toxine et l'inoculation, on laisse s'écouler un intervalle plus ou moins long, on constate que 3 à 5 jours après cette dernière injection, l'augmentation de résistance commence à être sensible.

*Expérience II.* — Le 12 et le 13 mai 1906, matin et soir, quatre lapins I, II, III, IV reçoivent sous la peau $\frac{2}{3}$ de centimètre cube de sérum antidiphtérique.

Le 14, à un témoin A et aux animaux I et II, on inocule le bacille de Löffler. Ce même jour, on saigne les lapins III et IV.

Le 17 mai au matin, le témoin A est mort. Le lapin II succombe le 28 et l'autopsie permet de reconnaître l'existence d'une péritonite. Toutefois, les cultures obtenues en semant le foie offrent une végétation moins abondante que celles du témoin. Le 3 juin le lapin I paraît bien portant.

Ce 17 mai, on inocule une culture diphtérique à un témoin B et à un lapin V qui, le jour même et le lendemain, reçoit deux doses de $\frac{2}{3}$ de centimètre cube des sérums des animaux III et IV.

Le 20 mai, le témoin B succombe; le foie semé donne des bacilles de Löffler. Le 3 juin, le lapin V est normal.

*Expérience III.* — Du 16 novembre au 6 décembre 1906, tous les 2 ou 3 jours, sous la peau des trois lapins 7, 8, 9, on injecte $0^{cm^3},5$ puis $1^{cm^3}$ et $2^{cm^3}$ d'une culture pyocyanique. Pour les premières doses, on utilise une toxine portée à 100°; pour les dernières, on se borne à élever la température à 60° et à 50°.

Le lapin 7 succombe sans avoir servi.

Le 16 décembre on saigne le lapin 8.

Le 18, par voie intra-veineuse, à un lapin 10 on injecte $2^{cm^3}$ du sérum de ce lapin 8. Le surlendemain, à ce lapin 10 et à un témoin *d*, on inocule une culture pyocyanique.

Ce témoin *d* meurt le 23 décembre. Le 16 janvier 1907, le lapin 10 est en bonne santé.

Le 8 janvier, on saigne le lapin 9. Le lendemain on injecte $5^{cm^3}$ de son sérum à deux

lapins 11 et 12, qui, le 21 janvier, ainsi qu'un témoin *e* reçoivent $2^{cm^3}$ d'une culture pyocyanique.

Le lapin 11 succombe le 26 janvier, 2 jours après ce témoin *e*; mais, fait important, alors que les cultures obtenues en semant les humeurs de l'animal *e* sont abondantes, celles de ce lapin 11 sont stériles.

Quant au lapin 12, 3 semaines après, il paraît normal.

*Expérience IV.* — Du 13 novembre au 5 décembre 1906, sous la peau de trois lapins VI, VII, VIII, en général tous les 2 jours, on injecte $2^{cm^3}$ ou $4^{cm^3}$ de sérum antidiphtérique.

Un de ces animaux n'est pas utilisé.

Le 16 décembre, on saigne le lapin VII. Le 18, on injecte $2^{cm^3}$ de son sérum à un lapin IX qui, 24 heures après, en même temps qu'un témoin C, reçoit $1^{cm^3}$ d'une culture du bacille de Löffler.

Ce lapin IX succombe le 22 décembre, un jour avant ce témoin C.

Le 7 janvier, on saigne le lapin VIII. Le 9, à deux lapins, X et XI, on injecte $5^{cm^3}$ du sérum de cet animal VIII.

Le 23, une culture diphtérique inoculée provoque, en 48 heures, la mort de ces lapins X et XI. Il est vrai que le sérum a eu le temps de s'éliminer.

A la vérité, suivant les doses, les intervalles, les activités des sérums antidiphtériques ou des cultures utilisées, etc., ces résultats peuvent offrir quelques variations. Néanmoins, dans l'ensemble, ils prouvent qu'au moment où l'on cesse les injections, les animaux qui ont reçu des toxines n'offrent aucune augmentation de résistance; par contre, cette augmentation, chez les lapins traités par le sérum antidiphtérique, atteint à ce même moment son maximum. Inversement, à mesure qu'on s'éloigne de la fin de ces injections, les animaux soumis à l'influence de ces toxines se révèlent de plus en plus réfractaires et les autres de moins en moins (1).

En somme, le sérum antidiphtérique se comporte comme un médicament qui passe; il n'agit que pendant la durée, d'ailleurs variable, de sa présence : l'organisme semble demeurer inerte, passif. Au contraire, la toxine provoque de la part des tissus une réaction qui, pour s'établir, demande quelques jours; mais une fois que cette réaction a conféré aux cellules une nouvelle propriété qui les rend aptes à produire des principes bactéricides ou antitoxiques, des anticorps, la modification est durable. En définitive, au point de vue soit du mécanisme intime, soit de l'évolu-

(1) Si l'on porte les intensités en ordonnées et les temps en abscisses, la courbe qui représente la résistance due au sérum antitoxique tend à se rapprocher de l'axe des $x$ et l'autre courbe à s'en éloigner.

tion, ces processus sont radicalement différents. Aussi, malgré la correction qu'apporte l'adjonction de l'épithète *passive*, il est regrettable d'appliquer au phénomène consécutif à l'emploi d'un sérum antitoxique le terme *immunité*, qui, en revanche, convient aux modifications qu'engendrent les toxines.

PHYSIOLOGIE. — *Recherches sur la transplantation des ganglions nerveux.* Note de MM. **G. Marinesco** et **M. Goldstein**, présentée par M. A. Laveran.

Nos recherches ont porté principalement sur la transplantation des ganglions plexiforme et sympathique du chien pratiquée chez le même animal (autotransplantation).

Déjà 5 heures après l'autotransplantation du ganglion plexiforme, il existe une chromatolyse diffuse plus accusée parfois à la périphérie de la cellule. La substance fondamentale de ces cellules est colorée plus ou moins intensément. D'autres cellules ne présentent cependant qu'une légère diffusion des éléments chromatophiles dont les contours sont moins précis. Le noyau peut être légèrement déplacé et déformé. Les cellules satellites sont tuméfiées et augmentées de nombre, et dans la capsule du ganglion, ainsi que dans le tissu interstitiel, on trouve un grand nombre de polynucléaires. Les mêmes lésions se retrouvent également dans le ganglion sympathique. 10 heures après l'opération, les lésions sont beaucoup plus intenses; presque toutes les cellules du ganglion plexiforme ont une coloration diffuse dont l'intensité varie du mauve pâle au violet foncé; dans les premières, il n'y a plus de substance chromatophile et les cellules sont même en état d'achromatose; le corps cellulaire subit une légère atrophie. Le noyau réduit de volume change de forme : il est ovoïde, ellipsoïde, piriforme, etc.; parfois, sa coloration est homogène. Le nucléole, mieux conservé, est cependant plus pâle qu'à l'état normal. Le contour du noyau est irrégulier et crénelé, Dans ce cas, il y a également une réaction et une prolifération des cellules satellites qui compriment parfois le corps cellulaire et produisent des sortes d'excavations à sa périphérie. A la surface du ganglion, on trouve aussi des polynucléaires pénétrant même dans la profondeur. La méthode de Romanowski permet de voir que la plupart des cellules se colorent en rose pâle ou en rose carminé intense; celles qui sont moins altérées gardent une coloration violette.

Quinze heures après la transplantation, il n'existe presque plus de cellules possédant de la substance chromatophile et la plupart se trouvent en état d'achromatose; le procédé de Romanowski colore leur cytoplasma en rose. On observe aussi une prolifération considérable des cellules satellites et l'envahissement du ganglion par les polynucléaires que l'on retrouve à la surface et même dans la profondeur des cellules nerveuses, qu'ils semblent remplacer lorsqu'elles sont très altérées. A mesure que l'on se

rapproche de la profondeur du ganglion, le nombre des cellules nerveuses envahies par les polynucléaires est moins grand et, avec le liquide de Flemming, il est facile de constater que ces éléments jouissent de propriétés phagocytaires par rapport au cytoplasma nerveux.

Le noyau homogène offre assez souvent la lésion connue sous le nom de *karyolyse*. Les lésions ont fait peu de progrès jusqu'à 24 heures après l'opération; mais au bout de 3 jours, à cause de l'achromatose absolue, les cellules nerveuses ne sont plus que des ombres pâles dont on ne devine les contours que grâce à la colonne des cellules satellites qui les délimitent. Le noyau très atrophié se distingue difficilement ou il n'existe plus. Nous devons faire remarquer que les cellules situées à la périphérie du ganglion sont parfois moins altérées et que celles des ganglions sympathiques paraissent plus résistantes que celles des ganglions plexiformes. D'autre part, l'espèce de l'animal doit avoir aussi une influence sur l'intensité de la lésion. L'atrophie progressive des cellules aboutit à leur disparition, mais le moment de cette disparition varie avec les conditions de nutrition des cellules du ganglion transplanté. C'est ainsi que, dans un cas de transplantation du premier ganglion sacré sur le trajet de la racine du côté opposé, la grande majorité des cellules avait disparu après 7 jours. On n'en trouvait plus qu'une bordure demi-circulaire dont quelques-unes ayant gardé leur substance chromatophile quoique modifiée et les autres atrophiées. Au contraire, chez un autre chien, avec transplantation du ganglion plexiforme sur le trajet du sciatique, nous n'avons pas pu constater une diminution sensible du nombre des cellules nerveuses 8 jours après l'opération. La méthode de Cajal nous montre dans toutes les cellules en état d'achromatose la désintégration, voire même la dégénérescence du réseau endocellulaire. Quelques cellules cependant peuvent conserver encore leur structure réticulée.

PHYSIOLOGIE. — *Études sur le mécanisme de la destruction des cellules nerveuses dans la vieillesse et dans les états pathologiques.* Note de M. MANOUÉLIAN, présentée par M. ROUX.

Récemment, dans une étude sur le mécanisme de la destruction des cellules nerveuses, nous avions relaté nos observations portant sur deux cas de rage humaine. Nous avions constaté que, dans les ganglions cérébro-spinaux, les macrophages s'attaquaient aux cellules nerveuses chargées d'un grand nombre de granulations pigmentaires, pénétraient dans leur intérieur, dissociaient les amas pigmentaires et s'emparaient de ces granulations. Finalement, la cellule nerveuse se trouvait remplacée par un groupe de macrophages bourrés de pigment. Ces constatations nous inclinaient à penser que, dans la rage humaine, les neurones sensitifs périphériques étaient détruits par le mécanisme de la phagocytose. Dans nos coupes, à côté des cellules nerveuses chargées de granulations pigmen-

taires, on en voyait un certain nombre qui en étaient complètement dépourvues. Dans les macrophages envahisseurs, on n'observait alors pas la moindre granulation, mais nous pensions qu'il était logique de conclure qu'il s'agissait dans ce cas aussi d'un phénomène de phagocytose. D'autre part, nous faisions remarquer qu'avec nos méthodes usuelles de technique, nous voyions les mêmes phénomènes de destruction des cellules nerveuses, sans les granulations constatées chez l'homme, dans les ganglions cérébro-spinaux du chien, du lapin et de la chèvre; nous avions cru être en droit de faire une généralisation, et dire que la destruction et la disparition des cellules nerveuses, dans les ganglions cérébro-spinaux des rabiques, se fait par le mécanisme de la phagocytose.

Depuis nous avons fait de nombreuses recherches sur cette question.

Nous avons employé comme fixateur les mélanges contenant de l'acide osmique : liquides de Flemming, de Hermann, de Lindsay, etc. Nous avons laissé séjourner les pièces pendant plusieurs jours dans ces liquides en ayant soin de les renouveler. Pour l'inclusion à la paraffine, nous nous sommes servi de la ligroïne, qui respecte les granulations imprégnées par l'acide osmique. Souvent nous nous sommes passés d'inclusion et nous avons préféré faire des coupes à main levée. Dans ces conditions, nous avons constaté, dans les ganglions cérébro-spinaux et sympathiques des chiens atteints de rage, des faits qui viennent appuyer notre manière de voir. En effet, il nous a été donné de voir, dans le cytoplasme des cellules nerveuses, des granulations de couleur plus ou moins brune, noire, disposées souvent en amas. Lors de l'attaque des macrophages, ces granulations se trouvent accaparées par ces éléments. De semblables phénomènes se passent dans les ganglions cérébro-spinaux et sympathiques des animaux âgés. Mais, comme ici nous nous trouvons devant un processus chronique, l'intensité de la réaction des macrophages n'est pas aussi vive que dans la rage.

Nous avons étendu nos recherches sur les autres centres nerveux chez les sujets et animaux âgés (chat, chien, cheval, âne) et dans certains états pathologiques (rage et paralysie générale). Nos recherches ont surtout porté sur l'écorce cérébrale et la corne d'Ammon.

Nous savons, grâce aux travaux de Cajal, de Marinesco, de Lugaro, que beaucoup de cellules nerveuses sont accompagnées de cellules satellites, de nature névroglique, qui, probablement, jouent un rôle important dans la nutrition de la cellule nerveuse.

Que voyons-nous dans la sénilité et dans les états pathologiques? Le nombre des cellules satellites augmente; elles entourent la cellule nerveuse, pénètrent même dans son intérieur. Voilà ce que nous montre la méthode de Nissl. Appliquons les méthodes que nous venons d'indiquer.

Nous verrons les cellules nerveuses contenant un nombre variable de granulations imprégnées par l'acide osmique. Quant aux cellules satellites, un grand nombre d'entre elles contiennent des granulations imprégnées par l'acide osmique; il y en a qui en sont complètement bourrées.

Ces faits nous autorisent à penser, croyons-nous, que les cellules satellites se conduisent comme de véritables macrophages : elles incorporent les granulations des cellules nerveuses. Il est possible qu'une partie des corpuscules osmiophiles, contenus dans l'intérieur des macrophages, représentent un produit de digestion des substances de la cellule nerveuse, autres que ces granulations.

D'autre part, aussi bien dans la sénilité que dans les états pathologiques, nous avons pu déceler des fibres dégénérées, et cela non seulement dans le système nerveux central, mais encore dans les nerfs périphériques, notamment dans le sciatique.

Les mêmes méthodes, appliquées au système nerveux d'individus sains, montrent de fines et très rares granulations clairsemées dans les cellules nerveuses et les macrophages. Quant aux nerfs périphériques, il n'y a rien d'intéressant à signaler.

En somme, il résulte de nos recherches sur le système nerveux que, dans la sénilité comme dans les états pathologiques, quand l'élément noble, la cellule nerveuse, se trouve atteint dans sa vitalité, les cellules satellites (qui, à l'état normal, entourent la cellule nerveuse et semblent jouer un rôle précieux pour son fonctionnement normal) manifestent une vitalité remarquable : elles se multiplient, attaquent la cellule nerveuse, pénètrent dans son intérieur, la dévorent et la détruisent.

GÉOLOGIE. — *Des divers modes de l'activité volcanique dans la chaîne des Puys.* Note de M. **Ph. Glangeaud**, présentée par M. Michel Lévy.

Au point de vue de la forme, de l'âge et de la composition chimique et pétrographique, on distingue, dans la chaîne des Puys, les volcans formés de roches acides (*volcans domitiques*) des *volcans à cratère* plus récents, ayant donné des coulées de roches plus basiques.

I. *Volcans domitiques.* — Les volcans domitiques ne sont pas aussi isolés ni aussi indépendants qu'ils le paraissent. S'ils ne sont visiblement qu'au nombre de six, leurs édifices, peut-être leurs coulées, démantelés, ont été

recouverts et masqués par les coulées des volcans à cratère qui reposent parfois sur des couches épaisses de blocs de domite, s'étendant sur $15^{km}$ de long, du Puy Pela à Louchadière. Dans tout cet espace, les projections des cônes sont constituées, en grande partie, sur la moitié de leur hauteur, par des débris de domite, ce qui indique une extension considérable de cette roche en surface.

Avant l'apparition des volcans à cratère, la région des Puys devait ressembler étrangement à celle du Siebengebirge.

Les volcans domitiques ont des aspects variés dus à la façon différente dont leurs laves sont sorties.

Le *Puy de Dôme* a la forme d'un énorme dyke de domite de plus de $550^{m}$ de haut, entouré de projections et de brèches de débris. Il a dû vraisemblablement s'élever à la façon du piton de la Montagne Pelée, dont la genèse a été si remarquablement mise en lumière par M. Lacroix; mais ses dimensions étaient plus considérables, car il ne mesure pas moins de 400 millions de mètres cubes.

Certains volcans domitiques paraissent bien avoir possédé une ébauche de cratère. Ils sont constitués, en effet, par des alternances de coulées massives, ayant débordé de tous côtés du cratère, et de couches de débris grossièrement stratifiées. Ainsi s'expliquerait la forme en coupole à sommet déprimé du Sarcoui (*Chaudron*) et peut-être du *Clierzou*.

Le *Puy des Grosmaneaux* n'est que le prolongement, disloqué plus tard par des explosions, du dyke du Puy de Dôme, vers le Sud. Le *Puy Chopine* est en grande partie démantelé et ses débris couvrent les environs. Il a pris naissance par l'intrusion de domite au milieu d'une colline granitique, de la même façon que le basalte s'est introduit au Puy de Monchar, qui possède la même altitude que lui ($1200^{m}$). Mais, ici, l'érosion a enlevé tout le flanc Nord de la colline qui devait atteindre près de $1300^{m}$, et la domite a été ainsi mise au jour.

II. *Les volcans à cratère.* — Les édifices produits par l'activité volcanique sont également très variés dans la série des volcans à cratère. On observe, en effet :

1° *Des fentes éruptives,* le long desquelles l'émission de la lave a dû se faire tranquillement sans projections ou avec très peu de matériaux projetés, ayant formé des cônes minuscules. Les environs de Beannit, de Nébouzat, etc., sont des plus typiques à cet égard.

2° *Des cônes de scories sans coulées.* L'appareil éruptif n'a donné que des projec-

tions. C'est un cas assez fréquent et inverse du précédent. L'édifice ainsi construit atteint jusqu'à 300$^m$ de haut (Puys de la Goulie, des Goules, du Grand-Suchet, de Montjugheat, de Vichatel, etc.).

3° *Des cônes de scories avec un seul cratère* et à la base une, deux ou plusieurs coulées de lave de même nature ou de nature différente. C'est le cas le plus ordinaire (Puys de Pauniat, de Louchadière, de Jumes, de la Coquille, de Balmet, de la Rodde, etc.).

4° *Des cônes emboîtés, concentriques ou excentriques,* comme on en observe fréquemment au Vésuve, indiquant plusieurs périodes d'activité du volcan (Puys de Côme, de Pariou).

5° *Des cônes accouplés en série* au nombre de deux (Puys de Jumes et de la Coquille), avec trois cratères en ligne droite (Puy de Barme), ou groupés sur des fentes croisées (Puy de Monchier).

Les cônes des types 3° et 5° sont parfois *égueulés* (Louchadière, la Vache et Lassolas).

6° Il existe aussi des *cônes adventifs* accolés sur les flancs du grand cône et installés sur des fentes radiales de ce dernier (Puys de Louve, sur la Nugère, de la Taupe, etc.), ayant donné eux-mêmes de petites coulées.

7° De véritables *hornitos,* ou petits monticules de scories situés *sur la coulée* du volcan. Ceux du Tartaret, au nombre de plus de 30, sont bien connus et forment un paysage des plus étranges, rappelant certains coins volcaniques de l'Islande et du Mexique.

8° Des cratères *d'explosion* comme au Puy de l'Enfer, où la moitié du cône a été emportée par une explosion violente, ou *d'explosion* et *d'effondrement* comme le Gour de Tazanat, qui offre les plus grandes analogies avec les mares de l'Eifel et certains lacs du Latium, et sur le bord duquel on ne trouve qu'une faible quantité de scories.

*Les lacs volcaniques.* — On ne compte pas moins de 14 lacs produits par l'action volcanique. Ils comprennent :

1° Des *lacs cratères* occupant l'emplacement d'un ancien cratère. La narse d'Espinasse est la partie marécageuse, jadis lacustre, logée dans le Puy de l'Enfer. L'origine du lac de Tazanat a été également expliquée plus haut.

2° Des *lacs de barrage* provenant du barrage d'une vallée par un cône de scories placé en travers (Tartaret) ou par une coulée. On compte 12 lacs de cette nature qui ont été comblés souvent par des dépôts à diatomées (Randannite) et par de la tourbe.

Tous ces lacs sont destinés à disparaître dans un avenir prochain.

OCÉANOGRAPHIE. — *Fonds sous-marins entre Madagascar, la Réunion et l'île Maurice.* Note de M. **J. Thoulet**.

Les échantillons examinés m'ont été envoyés par M. le D$^r$ Vincent, médecin de la division navale de l'océan Indien, à bord du *d'Entrecas*

*teaux*, bâtiment de l'État chargé d'exécuter, au mois de mars 1906, entre Tamatave, Saint-Denis de la Réunion et Port-Louis de l'île Maurice, les sondages préliminaires à la pose d'un câble télégraphique sous-marin entre ces trois localités.

La feuille A'IV de l'Atlas bathymétrique de la Commission de Wiesbaden au $\frac{1}{10000000}$, approuvé par le Congrès international de Géographie de Washington, est considérablement modifiée, dans ces parages, par les sondages effectués. La côte Est de Madagascar est en réalité beaucoup plus abrupte qu'il n'est indiqué sur cette feuille; elle se continue sous-marinement par une fosse dont la profondeur maximum atteint $5349^m$. Une seconde fosse sépare l'île de la Réunion de l'île Maurice.

Les trois courants qui entourent l'espace examiné, entre les Mascareignes et Madagascar, proviennent d'un dédoublement du grand courant équatorial sud de l'océan Indien, marchant d'Est en Ouest, et comprenant entre eux un centre mort. Avec la constitution géologique des terres voisines, ils expliquent d'une façon très nette la nature, la dimension des grains et la répartition des sédiments marins que j'ai analysés et examinés au microscope.

Les dépôts renferment, avec plus ou moins de calcaire, les minéraux suivants : chlorite, séricite, magma basaltique, magnétite, ilménite, péridot, zircon, quartz hyalin et feldspath.

La côte orientale de Madagascar, balayée du Nord au Sud par une des branches du courant, a fourni des sédiments provenant de schistes chloritiques à séricite. Leurs débris, représentés par des minéraux lamellaires (chlorite et séricite), ne commencent à se déposer sur le sol sous-marin qu'à une certaine distance de terre et ne s'accumulent réellement en grande quantité qu'à une distance d'une quarantaine de milles, vers $3800^m$ de profondeur, alors que le courant, approchant de son centre mort, atténue suffisamment son mouvement pour permettre aux particules aplaties de descendre sur le fond. Au contraire, le calcaire constitué par des débris de coraux, selon M. le Dr Vincent, ainsi que par des orbulines et quelques globigérines, est distribué d'une façon inverse, en abondance près de la terre et diminuant rapidement vers l'Est. Il en résulte que le maximum de séricite correspond au minimum de calcaire et, en même temps, à l'apparition de débris basaltiques.

A l'ouest de la Réunion, origine du basalte sous-marin, les sédiments, en partant de l'île, donnent naissance à un véritable tuf basaltique et sont d'autant plus gros et abondants qu'on est plus près de l'île, d'autant plus fins et plus riches en calcaire que l'on s'en éloigne davantage. Au milieu de l'espace séparant Tamatave de Saint-Denis se trouve un gisement de matériaux calcaires en grains extrêmement fins, mélangés d'une abondance considérable de spicules d'éponges siliceuses et calcaires avec grains très fins de basalte fortement limonitisés. Ces derniers forment à peu près uniquement le

sol du centre mort, car les autres minéraux, quartz et péridot, y sont rares et d'une extrême finesse.

La cuvette entre la Réunion et l'île Maurice est recouverte de vase tuf basaltique à laquelle la présence de grains d'obsidienne donne un caractère volcanique d'autant plus prononcé que l'on se rapproche davantage de Maurice.

La finesse des grains minéraux obéit aux lois de la distribution des sédiments par les eaux courantes; les gros grains sont voisins de la côte et occupent les portions centrales et antérieures des courants là où la marche de l'eau possède une vitesse maximum. Leur volume s'amoindrit à mesure qu'on s'approche davantage de la portion interne des courants où la vitesse s'atténue et devient nulle, le centre mort, situé vers les deux tiers de la distance entre la Réunion et Madagascar.

En supposant que l'étude ci-dessus se soit appliquée non à des sédiments marins actuels, mais à des sédiments géologiques anciens maintenant roches continentales, les considérations de position et de constitution intime révélée par le microscope n'auraient pu conduire qu'aux conclusions suivantes :

Les fonds proviennent d'un espace compris entre un continent bordé de montagnes assez élevées (pente brusque du lit marin) et constitué par des roches chloritiques à séricite et un îlot émergé basaltique (la Réunion), puis, plus loin, par un second îlot ou continent (Maurice) avec gisements basaltiques et à obsidienne. La position respective des débris devenant de plus en plus fins et décomposés, puis de nouveau plus gros, mieux conservés et se chargeant de calcaire, montre que le milieu de l'espace exploré correspond à un centre mort de courants.

Ces considérations prouvent que les méthodes de l'Océanographie appliquées à l'étude des roches sédimentaires maintenant inondées et transformées en couches géologiques fournissent des indications aussi précises qu'inattendues sur la nature des anciens continents et sur les conditions des océans aujourd'hui disparus au fond desquels se déposaient, suivant des lois déterminées, les sédiments arrachés aux portions du globe alors exondées.

M. Francis Laur adresse une Note *Sur la relation des baisses barométriques avec les coups de grisou.*

(Renvoi à l'examen de M. Zeiller.)

M. **Joseph Pagès** adresse la description d'un *Moteur rotatif à vapeur.*

(Renvoi à l'examen de M. Maurice Levy.)

M. **A. Etévé** adresse une Note *Sur les Aéroplanes.*

(Renvoi à la Commission d'Aéronautique.)

M. **Odier** adresse une Note relative aux *Premières applications de ferment glycolytique dans le cancer humain.*

(Renvoi à l'examen de M. Roux.)

La séance est levée à 4 heures trois quarts.

G. D.